

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MÔNICA CRISTINA DE CASTRO

PROPOSTA PARA GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA AUTOMATIZADA DE  
OCUPAÇÕES URBANAS REPRESENTADAS EM CARTAS TOPOGRÁFICAS

CURITIBA  
2019

MÔNICA CRISTINA DE CASTRO

PROPOSTA PARA GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA AUTOMATIZADA DE  
OCUPAÇÕES URBANAS REPRESENTADAS EM CARTAS TOPOGRÁFICAS

Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do  
grau de doutor em Ciências Geodésicas, Curso de Pós-  
Graduação em Ciência Geodésicas, Setor de Ciências da  
Terra, Universidade Federal do Paraná.  
Orientador: Prof. Dra. Claudia Robbi Sluter

CURITIBA  
2019

Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR  
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

C355p

Castro, Mônica Cristina de

Proposta para generalização cartográfica automatizada de ocupações urbanas representadas em cartas topográficas [recurso eletrônico] /Mônica Cristina de Castro. – Curitiba, 2019.

Tese – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Ciência Geodésicas, 2019.

Orientadora: Claudia Robbi Sluter.

1. Cartografia. 2. Sistemas especialistas (Computação). 3. Mapeamento digital. 4. Mapas - Projeção. I. Universidade Federal do Paraná. II. Sluter, Claudia Robbi. III. Título.

CDD: 526.8

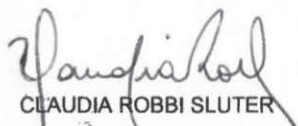
Bibliotecária: Vanusa Maciel CRB- 9/1928

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIAS GEODÉSICAS da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **MONICA CRISTINA DE CASTRO** intitulada: **PROPOSTA PARA GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA AUTOMATIZADA DE OCUPAÇÕES URBANAS REPRESENTADAS EM CARTAS TOPOGRÁFICAS**, sob orientação da Profa. Dra. CLAUDIA ROBBI SLUTER, que após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 09 de Agosto de 2019.



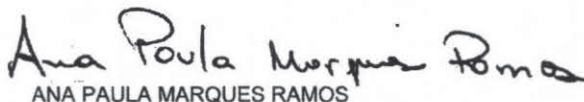
CLAUDIA ROBBI SLUTER

Presidente da Banca Examinadora



ANDREA LOPES IESCHECK

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL)



ANA PAULA MARQUES RAMOS

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE DO OESTE PAULISTA)



LUCIENE STAMATO DELAZARI

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)



## **AGRADECIMENTO**

A Deus pela dádiva da vida e por todas as bençãos.

Aos meus pais e meus irmãos por todo o apoio, incentivo e pela compreensão nos momentos de ausência.

A minha orientadora, prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Claudia Robbi Sluter, pela orientação, paciência, incentivo, confiança e conselhos.

As professoras Luciene Delazari e Silvana Camboim pelos ensinamentos, conselhos, encorajamento e por colaborarem para minha formação.

A todos os colegas do LABCARTO e da pós-graduação, pela amizade e incentivo, em especial: Adriana, Alyne, Carla, Gustavo, Luciana, Rhaíssa, Pedro, Péricles, A CAPES e ao CNPq pelo auxílio financeiro e ao Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas pelo curso e por disponibilizar os recursos necessários ao desenvolvimento desta pesquisa.

A Mônica Kleuser, pelas conversas, risadas e pela ajuda para lidar com a parte burocrática do curso.

Aos amigos, que de alguma forma sempre me apoiaram durante a pós-graduação: Caroline, Cristiane, Lauriane, Lorena, Mara, Mariana, Rosane, Tábata, Thomas.

## RESUMO

Para automatizar o processo de generalização cartográfica é necessário dividi-lo em etapas que auxiliem a identificação de feições que contribuem para os problemas de representação e de quais transformações devem ser aplicadas para manter a visibilidade e legibilidade em uma carta com escala reduzida. Quando estes aspectos são abordados com base nas condições geométricas e parâmetros gráficos é possível estabelecer uma sequência de 'condição-ação' e formalizar o conhecimento necessário para automatizar a generalização. No Brasil, as cartas topográficas são produzidas por métodos diretos e pela seleção de dados. Assim, é necessário adquirir conhecimento e experiência sobre os aspectos da generalização cartográfica para que este possa ser aplicado de modo automatizada no mapeamento urbano. O objetivo desta pesquisa é propor a automatização da avaliação cartométrica e das transformações espaciais referentes ao processo de generalização cartográfica relacionado às feições de edificações, limites de propriedade e vias urbanas de ocupações urbanas representadas em cartas topográficas urbanas na escala 1:5.000, derivadas da escala 1:2.000. Para tal, foi necessário identificar visualmente os problemas de representação existentes na carta topográfica com escala reduzida, relacioná-los com as condições geométricas, definir as medidas espaciais para cada condição, estabelecer os parâmetros gráficos com base em testes de percepção visual, determinar as transformações espaciais necessárias e os operadores correspondentes, e formalizar este conhecimento em regras que foram implementadas em um sistema especialista. Este sistema foi desenvolvido como um *plugin*, uma ferramenta adicional ao *software* QGIS, que, com o auxílio de ferramentas de análise espacial e de processamento, realiza medidas geométricas e transformações nas feições de interesse. Como resultado, o sistema especialista gera novas camadas de dados com as feições que possuem problemas de representação destacadas das demais, indica quais operadores de generalização são aplicados, e cria arquivos com as feições generalizadas. A automatização deste processo deve considerar as características de cada feição e o contexto espacial de cada problema para que a aplicação dos operadores seja considerada satisfatória.

Palavras-chave: Generalização cartográfica. Problemas de representação. Sistemas Especialistas.

## **ABSTRACT**

The automation of the cartographic generalization process requires two main steps: identification of features that cause representation problems and definition of the required transformations to maintain the cartographic communication in a map with reduced scale. When these aspects are analyzed using geometric conditions and graphic parameters it is possible to determine a 'condition-action' sequence and formalize this knowledge to automate the generalization process. Topographic maps in Brazil are produced by direct survey and by data selection. Thus, it is necessary to gain knowledge and experience about generalization aspects so that this process can be automated and applied in urban mapping. This work aims to propose the automation of the cartometric evaluation and of the spatial transformations related with the generalization process of features of buildings, property limits and streets present in an urban occupation represented on a topographic map scale 1:5.000, derived from another on scale 1:2.000. For this it was necessary to visually identify the representation problems, verify which problem can be describe by geometric conditions, define spatial measures for each condition, set graphic parameters based on visual perception tests, determine the spatial transformations and the generalization operators, and develop rules that can be implemented on an expert system. This was developed as a plugin for QGIS, which, with aid of spatial analysis and processing tools, makes geometric measures and transformations on features of interest. As a result, new data layers are generated containing the features that show representations problems, the generalized features and the systems also indicates which operators were applied. The generalization automation must consider the features characteristics and the spatial context of each problem so that the expert system can apply the operator on a satisfying way.

Key-words: Cartographic Generalization. Representation problems. Expert Systems.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – RECORTE DE UMA CARTA TOPOGRÁFICA DE DIETIKON NA ESCALA 1:5.000 .....	31
FIGURA 2 – RECORTE DE UMA CARTA TOPOGRÁFICA DE DIETIKON NA ESCALA 1:25.000 .....	31
FIGURA 3 – ELEMENTOS DA COMUNICAÇÃO CARTOGRÁFICA .....	34
FIGURA 4 – PROCESSO DE COMUNICAÇÃO CARTOGRÁFICA .....	35
FIGURA 5 – ELEMENTOS DE ORGANIZAÇÃO ESPACIAL. PROXIMIDADE (A), SIMILARIDADE (B), CONTINUIDADE (C) .....	40
FIGURA 6 – MODELO CONCEITUAL DE MCMASTER & SHEA .....	52
FIGURA 7 – EXEMPLO DE CONGESTIONAMENTO .....	55
FIGURA 8 – EXEMPLO DE COALESCÊNCIA .....	56
FIGURA 9 – EXEMPLO DE CONFLITO .....	56
FIGURA 10 – EXEMPLO DE COMPLICAÇÃO .....	57
FIGURA 11 – EXEMPLO DE INCONSISTENCIA .....	57
FIGURA 12 – EXEMPLO DE IMPERCEPTIBILIDADE .....	58
FIGURA 13 – CICLO DE VIDA DE UM AGENTE .....	67
FIGURA 14 – LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS .....	72
FIGURA 15 – AREAS URBANIZADAS DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS SEGUNDO IBGE .....	74
FIGURA 16 – OCUPAÇÃO URBANA DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS .....	75
FIGURA 17 – PRINCIPAIS VIAS URBANAS E RODOVIAS DA SÃO JOSÉ DOS PINHAIS .....	76
FIGURA 18 – LOCALIZAÇÃO DOS BAIRROS UTILIZADOS NA PESQUISA .....	77
FIGURA 19 – ETAPAS DA METODOLOGIA .....	79
FIGURA 20 – EDIFICAÇÃO COMERCIAL COM VÉRTICE INEXISTENTE .....	81
FIGURA 21 – EDIFICAÇÃO COMERCIAL COM VÉRTICES ADICIONAIS .....	81
FIGURA 22 – LOCALIZAÇÃO EQUIVOCADA DE UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL .....	82
FIGURA 23 – EDIFICAÇÕES LINEARES NÃO CORRESPONDEM A TODAS AS FEIÇÕES DE ÁREA DA CLASSE DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS .....	82

FIGURA 24 – EDIFICAÇÕES REPRESENTADAS EM DESACORDO COM O LIMITE DE PROPRIEDADE.....	83
FIGURA 25 – CRIAÇÃO DE REGRA DE TOPOLOGIA.....	84
FIGURA 26 – RECORTE DA CARTA TOPOGRÁFICA NA ESCALA 1:2.000 (A) E NA ESCALA 1:5.000 (B) .....	85
FIGURA 27 – IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS DE VISIBILIDADE. ESCALA 1:5.000 .....	87
FIGURA 28 – IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS DE LEGIBILIDADE. ESCALA 1:5.000. ....	88
FIGURA 29 – ASPECTOS DA AVALIAÇÃO CARTOMÉTRICA.....	90
FIGURA 30 – LINHA TRACEJADA SEGUNDO PADRONIZAÇÃO DA CTCG .....	96
FIGURA 31 – LINHAS PARALELAS .....	97
FIGURA 32 – RODOVIAS E RUAS APRESENTADAS NO TESTE DE PERCEPÇÃO VISUAL .....	97
FIGURA 33 – POLÍGONOS APRESENTADOS NA AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO VISUAL DE TAMANHO .....	98
FIGURA 34 – POLÍGONOS APRESENTADOS NA AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO VISUAL DE TAMANHO DE UM DETALHE.....	98
FIGURA 35 – EXEMPLOS DE EDIFICAÇÕES COM DETALHES NA REPRESENTAÇÃO .....	99
FIGURA 36 – POLÍGONOS APRESENTADOS NA AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO VISUAL DE TAMANHO DE UM DETALHE.....	99
FIGURA 37 – SÍMBOLOS AVALIADOS NO ASPECTO DISTÂNCIA ENTRE FEIÇÕES DE ÁREA.....	99
FIGURA 38 – SÍMBOLOS AVALIADOS NO ASPECTO DISTÂNCIA ENTRE LINHA E POLÍGONO .....	100
FIGURA 39 – MODELO DE CICLO DE VIDA DESENVOLVIDO PARA SISTEMAS ESPECIALISTAS .....	108
FIGURA 40 – ESTRUTURA BÁSICA DE UM SISTEMA ESPECIALISTA BASEADO EM REGRAS DE DECISÃO.....	109
FIGURA 41 – DIAGRAMA DO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DO PROBLEMA DE VISIBILIDADE .....	112

FIGURA 42 – ÁRVORE DE DECISÃO DO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DA IMPERCEPTIBILIDADE E APLICAÇÃO DA SIMPLIFICAÇÃO .....	113
FIGURA 43 – DIAGRAMA DO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DO PROBLEMA DE LEBIGILIDADE – CONGESTIONAMENTO.....	114
FIGURA 44 – ARVORE DE DECISÃO PARA A DETECÇÃO DO CONGESTIONAMENTO E APLICAÇÃO DA GENERALIZAÇÃO....	116
FIGURA 45 – DIAGRAMA DO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DO PROBLEMA DE LEBIGILIDADE – COALESCÊNCIA.....	117
FIGURA 46 – ARVORE DE DECISÃO PARA A DETECÇÃO DO COALESCÊNCIA E APLICAÇÃO DA GENERALIZAÇÃO .....	118
FIGURA 47 – UTILIZAÇÃO DE IMAGENS DE SATÉLITE PARA VERIFICAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DE UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL .....	121
FIGURA 48 – TABELA DE ATRIBUTOS DE FEIÇÕES INVÁLIDAS .....	122
FIGURA 49 – RESULTADO DA APLICAÇÃO DA FERRAMENTA VERIFICAÇÃO DA VALIDADE DE GEOMETRIA – EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS BAIRRO CENTRO .....	122
FIGURA 50 – RESULTADO DA VALIDAÇÃO DA REGRA DE TOPOLOGIA DE SOBREPOSIÇÃO .....	123
FIGURA 51 – VISUALIZAÇÃO DA SOBREPOSIÇÃO DA EDIFICAÇÃO COMERCIAL COM LOTES VIZINHOS.....	123
FIGURA 52 – RECORTE DA BASE CARTOGRÁFICA DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS .....	124
FIGURA 53 – EDIFICAÇÃO PÚBLICA COM A CONDIÇÃO DE IMPERCEPTIBILIDADE .....	126
FIGURA 54 – IDENTIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO NA CARTA TOPOGRÁFICA DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS .....	126
FIGURA 55 – IDENTIFICAÇÃO DAS FEIÇÕES RESIDENCIAIS COM PROBLEMAS DE VISIBILIDADE .....	140
FIGURA 56 – MENSAGEM INFORMATIVA GERADA PELO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DO PROBLEMA DE VISIBILIDADE – INDICAÇÃO DO OPERADOR DE ELIMINAÇÃO .	140
FIGURA 57 – MENSAGEM INFORMATIVA GERADA PELO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DO PROBLEMA DE	

VISIBILIDADE – INDICAÇÃO DO OPERADOR DE SIMPLIFICAÇÃO .....	141
FIGURA 58 – EDIFICAÇÕES COMERCIAIS ELIMINADAS E SIMPLIFICADAS ....	141
FIGURA 59 – EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS ORIGINAIS E SIMPLIFICADAS – SEQUÊNCIA DE PROCESSAMENTO .....	142
FIGURA 60 – TABELA DE ATRIBUTOS DAS FEIÇÕES LINEARES CRIADAS PELO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO E SOLUÇÃO DO PROBLEMA DE VISIBILIDADE .....	143
FIGURA 61 – RECORTE DA CARTA TOPOGRÁFICA COM AS FEIÇÕES RESIDENCIAIS ORIGINAIS E SIMPLIFICADAS .....	145
FIGURA 62 – IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS DE EDIÇÃO DETECTADOS COMO PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO PELO SISTEMA ESPECIALISTA PARA A DETECÇÃO DE PROBLEMAS DE VISIBILIDADE .....	145
FIGURA 63 – PROBLEMAS DE EDIÇÃO IDENTIFICADOS PELO SISTEMA ESPECIALISTA PARA GENERALIZAÇÃO DE FEIÇÕES COM PROBLEMAS DE VISIBILIDADE - EDIFICAÇÕES PÚBLICAS .....	146
FIGURA 64 – RESULTADO DA APLICAÇÃO DO SISTEMA ESPECIALISTA PARA LEGIBILIDADE - CONGESTIONAMENTO .....	147
FIGURA 65 – MENSAGEM INFORMATIVA GERADA PELO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DO PROBLEMA DE LEGIBILIDADE – INDICAÇÃO DO OPERADOR DE AMALGAMAÇÃO .....	147
FIGURA 66 – EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS ORIGINAIS (A) X EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS GENERALIZADAS (B) – BAIRRO CENTRO .....	148
FIGURA 67 – PROBLEMAS DECORRENTES DA APLICAÇÃO DO OPERADOR DE AMALGAMAÇÃO .....	149
FIGURA 68 – COMPARAÇÃO DE FEIÇÕES RESIDENCIAIS ORIGINAIS E GENERALIZADAS .....	150
FIGURA 69 – RECORTE DA CARTA TOPOGRÁFICA PARA COMPARAÇÃO DAS FEIÇÕES ORIGINAIS E GENERALIZADAS – BAIRRO SÃO CRISTOVÃO .....	150
FIGURA 70 – MENSAGEM DE INFORMAÇÃO – COALESCÊNCIA .....	151

FIGURA 71 – RESULTADO DA APLICAÇÃO DO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DA COALESCÊNCIA EM EDIFICAÇÕES COMERCIAIS .....	151
FIGURA 72 – EDIFICAÇÕES COMERCIAIS E FEIÇÕES VIZINHAS QUE CONTRIBUEM PARA O PROBLEMA DE LEGIBILIDADE – COALESCÊNCIA .....	152
FIGURA 73 – INTERFACE DO SISTEMA ESPECIALISTA DE LEGIBILIDADE – COALESCÊNCIA .....	153
FIGURA 74 – RESULTADO DO SISTEMA ESPECIALISTA – LEGIBILIDADE – COALESCENCIA – EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS .....	153
FIGURA 75 – MENSAGEM DE INFORMAÇÃO – COALESCÊNCIA – EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS .....	154
FIGURA 76 – PROBLEMAS DA IDENTIFICAÇÃO DE EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS QUE CONTRIBUEM PARA O PROBLEMA DE LEGIBILIDADE – COALESCÊNCIA .....	154
FIGURA 77 – PROBLEMAS DA IDENTIFICAÇÃO DE EDIFICAÇÕES PÚBLICAS QUE CONTRIBUEM PARA O PROBLEMA DE LEGIBILIDADE – COALESCÊNCIA .....	155
FIGURA 78 – PROBLEMAS DA IDENTIFICAÇÃO DE EDIFICAÇÕES PÚBLICAS QUE CONTRIBUEM PARA O PROBLEMA DE LEGIBILIDADE – COALESCÊNCIA – ESCALA 1:2.000 .....	156
FIGURA 79 – RECORTE DA CARTA TOPOGRÁFICA COM FEIÇÕES ORIGINAIS (A) X FEIÇÕES SIMPLIFICADAS (B) .....	157
FIGURA 80 – RECORTE DA CARTA TOPOGRÁFICA COM FEIÇÕES ORIGINAIS (A) X FEIÇÕES GENERALIZADAS (B) .....	158
FIGURA 81 – IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS NA APLICAÇÃO DA AMALGAMAÇÃO .....	158
FIGURA 82 – IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS NA APLICAÇÃO DA AMALGAMAÇÃO .....	159



## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – QUANTIDADE DE PARTICIPANTES X TIPOS DE TESTES .....	127
GRÁFICO 2 – QUANTIDADE DE PARTICIPANTES X PROBLEMAS DE VISÃO ..	128
GRÁFICO 3 – RESULTADO DO TESTE DE PERCEPÇÃO DE LINHAS TRACEJADAS .....	129
GRÁFICO 4 – RESULTADO DO TESTE DE PERCEPÇÃO DE LINHAS PARALELAS .....	130
GRÁFICO 5 – RESULTADO DO TESTE DE PERCEPÇÃO PARA O LADO DE UM QUADRADO SÓLIDO .....	131
GRÁFICO 6 – RESULTADO DO TESTE DE PERCEPÇÃO PARA O LADO DE UMA ÁREA INTERNA DE UMA EDIFICAÇÃO .....	132
GRÁFICO 7 – RESULTADO DO TESTE DE PERCEPÇÃO PARA O LADO DE DETALHES DE UM POLÍGONO .....	133
GRÁFICO 8 – RESULTADO DO TESTE DE PERCEPÇÃO PARA A DISTÂNCIA ENTRE POLÍGONOS .....	133

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – SITUAÇÃO DO MAPEAMENTO DO ESTADO DO PARANÁ ATÉ JULHO DE 2010 .....	33
QUADRO 2 – VALORES MÍNIMOS DE BEARD E MACKANESS .....	38
QUADRO 3 – FATORES QUE CARACTERIZAM OS PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO .....	38
QUADRO 4 – PARÂMETROS GRÁFICOS RECOMENDADOS POR REGNAULD (2001) E PELA SSC (2002).....	40
QUADRO 5 – TIPOS DE GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA .....	42
QUADRO 6 – OPERADORES POR TIPO DE TRANSFORMAÇÕES E FINALIDADE SEMELHANTE .....	45
QUADRO 7 – ABORDAGENS PARA MODELAR O PROCESSO DE GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA .....	63
QUADRO 8 – ABORDAGENS DE AUTOMATIZAÇÃO DA GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA SEGUNDO AGÊNCIAS DE MAPEAMENTO NACIONAIS .....	70
QUADRO 9 – CARACTERÍSTICAS DE ÁREAS URBANIZADAS SEGUNDO AS CATEGORIAS.....	73
QUADRO 10 – CONDIÇÕES GEOMÉTRICAS, MEDIDAS E PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO .....	89
QUADRO 11 – ASPECTOS AVALIADOS NO TESTE DE PERCEPÇÃO VISUAL ...	92
QUADRO 12 – ESPECIFICAÇÕES DA SIMBOLOGIA EMPREGADA NOS TESTES DE PERCEPÇÃO VISUAL .....	93
QUADRO 13 – SÍMBOLOS AVALIADOS E QUESTÕES APRESENTADAS NO TESTE .....	94
QUADRO 14 – VALORES DE ESPAÇAMENTO ENTRE TRAÇOS INDICADOS POR DIVERSAS AGÊNCIAS DE MAPEAMENTO PARA ESCALAS MÉDIAS .....	96
QUADRO 15 – TRANSFORMAÇÕES ESPACIAIS E OPERADORES DE GENERALIZAÇÃO SEGUNDO OS PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO .....	102
QUADRO 16 – FUNÇÕES DE ANÁLISE ESPACIAL PARA DETECÇÃO PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO .....	104

QUADRO 17 – FERRAMENTAS DE ANÁLISE ESPACIAL ADICIONAIS DE PROCESSAMENTO PARA DETECÇÃO DE PROBLEMAS DE LEGIBILIDADE .....	105
QUADRO 18 – FERRAMENTAS DE PROCESSAMENTO UTILIZADAS NO SISTEMA ESPECIALISTAS .....	106
QUADRO 19 – CARACTERÍSTICAS DA SIMBOLOGIA EMPREGADA PARA FEIÇÕES COM PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO .....	110
QUADRO 20 – REGRAS DO SISTEMA ESPECIALISTAS - VISIBILIDADE .....	113
QUADRO 21 – DENSIDADE RESIDENCIAL POR HECTARE POR BAIRROS .....	114
QUADRO 22 – RESULTADOS DO TESTE DE PERCEPÇÃO VISUAL .....	138
QUADRO 23 – COMPARAÇÃO DO RESULTADO DOS TESTES DE PERCEPÇÃO COM MEDIDAS RECOMENDADAS.....	139
QUADRO 24 – QUANTIFICAÇÃO REFERENTE AS EDIFICAÇÕES ANALISADAS NO BAIRRO CENTRO COM O SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETEÇÃO DO PROBLEMA DE VISIBILIDADE .....	144
QUADRO 25 – NÚMEROS DAS FEIÇÕES ORIGINAIS E DAS FEIÇÕES GENERALIZADAS – AMALGAMAÇÃO .....	149

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – DADOS REFERENTES AO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS .....	72
TABELA 2 – ÁREA TOTAL, URBANA E RURAL DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS .....	73
TABELA 3 – QUANTITATIVO DE USUÁRIOS PARTICIPANTES NO TESTE DE PERCEPÇÃO VISUAL .....	128
TABELA 4 – QUANTIDADE DE PARTICIPANTES COM PROBLEMAS DE VISÃO SEGUNDO TIPOS DE TESTE .....	129
TABELA 5 – RESULTADO DO TESTE DE PERCEPÇÃO PARA LARGURA DE UM RETÂNGULO SÓLIDO .....	130
TABELA 6 – RESULTADO DO TESTE DE PERCEPÇÃO DE DISTÂNCIA ENTRE UMA FEIÇÃO DE ÁREA E UMA FEIÇÃO LINEAR – RUAS PAVIMENTADAS .....	134
TABELA 7 – RESULTADO DO TESTE DE PERCEPÇÃO DE DISTÂNCIA ENTRE UMA FEIÇÃO DE ÁREA E UMA FEIÇÃO LINEAR – RUAS NÃO PAVIMENTADAS .....	135
TABELA 8 – RESULTADO DO TESTE DE PERCEPÇÃO DE DISTÂNCIA ENTRE UMA FEIÇÃO DE ÁREA E UMA FEIÇÃO LINEAR – LIMITES DE PROPRIEDADE .....	135
TABELA 9 – RESULTADO DO TESTE DE PERCEPÇÃO DE DISTÂNCIA ENTRE UMA FEIÇÃO DE ÁREA E UMA FEIÇÃO LINEAR – RODOVIAS .....	136
TABELA 10 – RESULTADO DO TESTE DE PERCEPÇÃO DE DISTÂNCIA ENTRE UMA FEIÇÃO DE ÁREA E UMA FEIÇÃO LINEAR – RODOVIAS .....	136
TABELA 11 – RESULTADO DO TESTE DE PERCEPÇÃO DE LINHA TRACEJADAS – COMPARAÇÃO GÊNEROS .....	137
TABELA 12 – RESULTADO DO TESTE DE PERCEPÇÃO PARA LADO DE UM QUADRADO SÓLIDO – COMPARAÇÃO GÊNERO .....	137

## LISTA DE SIGLAS

COMEC	– Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba
CONCAR	– Comissão Nacional de Cartografia
CTCG	– Câmara Técnica de Cartografia e Geoprocessamento
DSG	– Diretoria do Serviço Geográfico
EUROSDR	– <i>European Spatial Data Research Organisation</i>
GPS	– <i>Global Positioning System</i>
GRASS	– <i>Geographic Resources Analysis Support System</i>
IA	– Inteligência Artificial
IBGE	– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICC	– <i>Institut Cartogràfic de Catalunya</i>
IGN	– <i>Institut National de L'Information Géographique et Forestière</i>
ITCG	– Instituto de Terras, Cartografia e Geologia
HKG	– <i>Harita Genel Komutanligi</i>
MDT	– Mapoteca Topográfica Digital
MST	– <i>Minimum Spanning Tree</i>
NMA	– <i>National Mapping Agency</i>
OS	– <i>Ordnance Survey</i>
PEC	– Padrão de Exatidão Cartográfica
PDM	– Plano Diretor Municipal
RMC	– Região Metropolitana de Curitiba
SAD69	– <i>South American Datum 1968</i>
SAGA	– <i>System for Automated Geoscientific Analyses</i>
SIG	– Sistemas de Informação Geográfica
SUDERHSA	– Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental
SSC	– <i>Swiss Society of Cartography</i>
UGSG	– <i>United States Geological Survey</i>
UTM	– <i>Universal Transversa de Mercator</i>

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>21</b>
1.1.OBJETIVOS.....	25
1.1.1. Objetivo Geral.....	25
1.1.2. Objetivos Específicos.....	25
1.2.JUSTIFICATIVA .....	26
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>29</b>
2.1.MAPEAMENTO BÁSICO PARA GRANDES ESCALAS.....	29
2.2.COMUNICAÇÃO CARTOGRÁFICA .....	34
2.2.1. Problemas de representação e parâmetros gráficos .....	36
2.3.GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA .....	41
2.3.1. Histórico e definições.....	41
2.3.2. Generalização Cartográfica Digital .....	46
2.3.3. Modelos Conceituais.....	49
2.3.4. Modelo Conceitual de McMaster & Shea.....	51
2.3.5. Abordagens para Automatização do Processo de Generalização Cartográfica .....	62
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>71</b>
3.1.MATERIAIS .....	71
3.2.CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO .....	71
3.3.MÉTODO .....	77
3.3.1. Preparação da Base Cartográfica.....	79
3.3.2. Redução Geométrica da Escala da Carta.....	84
3.3.3. Detecção Visual dos Problemas de Representação.....	86
3.3.4. Parâmetros Gráficos .....	90
3.3.5. Regras de Transformações Espaciais e Definição dos Operadores.....	100
3.3.6. Ferramentas de análise espacial .....	102

3.3.7. Projeto do sistema especialista .....	107
3.3.8. Critérios de Visibilidade e Legibilidade .....	118
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>120</b>
4.1. PREPARAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA .....	120
4.2. REDUÇÃO GEOMÉTRICA E DETECÇÃO VISUAL DOS PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO .....	124
4.3. TESTES DE PERCEPÇÃO VISUAL .....	127
4.3.1. Participantes .....	127
4.3.2. Simbologia .....	129
4.4. SISTEMA ESPECIALISTA – VISIBILIDADE .....	139
4.5. SISTEMA ESPECIALISTA – LEGIBILIDADE – CONGESTIONAMENTO .....	146
4.6. SISTEMA ESPECIALISTA – LEGIBILIDADE – COALESCÊNCIA .....	151
4.6. VERIFICAÇÃO DA QUALIDADE VISUAL .....	157
<b>5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>160</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>165</b>
<b>APÊNDICE 1 – RECORTE DA ÁREA DE ESTUDO 01 – BAIRRO CENTRO – ESCALA 1:5.000 .....</b>	<b>173</b>
<b>APÊNDICE 2 – RECORTE DA ÁREA DE ESTUDO 02 – BAIRRO SÃO CRISTÓVÃO – ESCALA 1:5.000 .....</b>	<b>174</b>
<b>APÊNDICE 3 – RECORTE DA ÁREA DE ESTUDO 03 – BAIRRO ÁGUAS BELAS – ESCALA 1:5.000 .....</b>	<b>175</b>
<b>APÊNDICE 4 – RECORTE DA ÁREA DE ESTUDO 04 – BAIRRO PARQUE DA FONTE – ESCALA 1:5.000 .....</b>	<b>176</b>
<b>APÊNDICE 5 – RECORTE DA ÁREA DE ESTUDO 05 – BAIRRO ROSEIRA DE SÃO SEBASTIÃO – ESCALA 1:5.000 .....</b>	<b>177</b>
<b>APÊNDICE 6 – TESTE DE PERCEPÇÃO VISUAL – TIPO 1 .....</b>	<b>178</b>
<b>APÊNDICE 7 – TESTE DE PERCEPÇÃO VISUAL – TIPO 2 .....</b>	<b>188</b>
<b>APÊNDICE 8 – TESTE DE PERCEPÇÃO VISUAL – TIPO 3 .....</b>	<b>198</b>

APÊNDICE 9 – TESTE DE PERCEPÇÃO VISUAL – TIPO 4 .....	208
APÊNDICE 10 – SISTEMA ESPECIALISTA – VISIBILIDADE .....	218
APÊNDICE 11 – SISTEMA ESPECIALISTA – LEGIBILIDADE – CONGESTIONAMENTO .....	223
APÊNDICE 12 – SISTEMA ESPECIALISTA – LEGIBILIDADE – COALESCÊNCIA .....	227
ANEXO 1 – TABELA DE PARÂMETROS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO ....	231
ANEXO 2 – SIMBOLOGIA PARANACIDADE.....	233
ANEXO 3 – SIMBOLOGIA PROPOSTA CTCG .....	240



## 1. INTRODUÇÃO

Generalização cartográfica pode ser definida como o ajuste, ou adaptação, de uma representação de feições selecionadas de um produto cartográfico em função da mudança de escala, dos requisitos da comunicação cartográfica, do usuário e dos objetivos deste produto (ROBINSON et al, 1995, SLOCUM et al 2009, KRAAK e ORMELING, 2010). McMaster & Shea (1992) afirmam que, quando realizada em ambiente digital, a generalização cartográfica pode ser entendida como um processo de derivação, a partir de um banco de dados ou de um conjunto de dados representados em um produto cartográfico, pela aplicação de transformações espaciais e de atributos. A manutenção da comunicação cartográfica é um dos objetivos deste processo.

A *Swiss Society of Cartography* (SSC) (2002) define generalização cartográfica como a simplificação de cartas em escalas grandes de acordo com a escala, conteúdo representado e intenção de uso. Esta definição é recomendada, especificamente, para o contexto da produção de cartas topográficas (SSC, 2002). É um processo composto pela seleção e combinação de feições baseado nos critérios de visibilidade, legibilidade e interpretação, referentes à eficiência da comunicação cartográfica (COMÉ, 2014). A visibilidade diz respeito ao tamanho de uma feição, se é visível ou não para o usuário (DAVIS, 2000). Legibilidade se refere à facilidade de ler e, deste modo, entender a informação representada na carta pelo usuário (BOS, 1984). A interpretação se refere ao entendimento da simbologia pelo usuário.

A área disponível para a representação de objetos e fenômenos em uma carta topográfica é reduzida proporcionalmente de escala para escala, de modo que a quantidade de dados e o nível de detalhamento são fatores dependentes deste elemento cartográfico (KEATES, 1989, SSC, 2002). Deste modo, uma carta produzida somente por redução de escala apresenta problemas de representação como feições ilegíveis, imperceptíveis e sobrepostas umas às outras (MCMASTER & SHEA, 1992, NALINI, 2005, TAURA, 2007, KRAAK & ORMELING, 2010, COMÉ, 2014). A aplicação da generalização cartográfica pode minimizar tais problemas.

Os problemas de representação indicam quando uma carta derivada necessita de generalização, em quais feições o processo deve ser aplicado e quais as transformações necessárias para restabelecer a visibilidade e a legibilidade. A

identificação destes conflitos e sua solução são ações subjetivas e complexas (MCMASTER & SHEA, 1992). Devido a estas características, há tentativas de definir e formalizar as decisões tomadas durante o processo de generalização cartográfica por meio de modelos conceituais (MORRISON 1975, RUAS & PLAZANET, 1996, WEIBEL & DUTTON, 1999). Dentre estes modelos, pode-se citar o modelo de McMaster & Shea (1992). Este é composto por três elementos: objetivos filosóficos, avaliação cartométrica e transformações espaciais e de atributos.

A avaliação cartométrica indica quando e o que deve ser generalizado em uma carta em escala reduzida. Três aspectos compõem esta avaliação: condições geométricas, medidas espaciais e holísticas, e controles de transformação (MCMASTER & SHEA, 1992). As **condições geométricas** são situações específicas que ocorrem quando a escala de uma carta é reduzida. Estes itens são subjetivos e difíceis de quantificar e sua identificação pode ser feita por meio de medidas extraídas da carta derivada (MCMASTER & SHEA, 1989).

As **medidas espaciais e holísticas** tratam das propriedades geométricas das feições e seus relacionamentos, tanto de uma feição individual, duas feições e das interações entre múltiplas feições. Estas medidas podem ser utilizadas como parâmetros na determinação da ocorrência das condições geométricas (WEIBEL & DUTTON, 1999). **Controles de transformação** se referem à seleção dos operadores de generalização, à ordem de aplicação, à definição dos algoritmos de cada operador e dos parâmetros de aplicação necessários para preservar a comunicação cartográfica em determinada escala. Estes aspectos são necessários para a produção de modo imparcial de uma carta generalizada (MCMASTER & SHEA, 1992).

O mapeamento de referência de alguns países engloba a generalização cartográfica ou uma parte deste processo. Por exemplo, o *Institut Cartogrfic de Catalunya* (ICC – Instituto Cartográfico da Catalunha) produz cartas topográficas na escala 1:10.000 e 1:50.000 a partir da generalização das bases cartográficas nas escalas 1:5.000 e 1:25.000, respectivamente (DUCHÊNE et al, 2014). Na Áustria, a escala base do mapeamento topográfico nacional produzido pelo *Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen* (BEV - Escritório Federal de Metrologia e Agrimensura) é 1:50.000. Os outros produtos cartográficos da série, nas escalas 1:250.000 e 1:500.000, são elaborados com auxílio da generalização, manual e digital (PAMMER e KNAPP, 2015).

Países como França, Grã-Bretanha e Suíça produzem cartas topográficas por generalização. Desde a década de 90, este processo é aplicado de modo automatizado na elaboração de diversos produtos cartográficos. Devido a esta tradição, tais países podem avaliar a qualidade de uma carta generalizada. Segundo Stoter et al (2009), especificações são comumente utilizadas para controlar e avaliar o processo automatizado. Tais orientações são baseadas em dimensões mínimas das feições, topologia e densidade de feições em uma área, por exemplo. Estes aspectos podem ser vistos como integrantes da avaliação cartométrica descrita por McMaster & Shea (1992) e, deste modo, empregados para identificar e caracterizar os problemas de representação. Na automatização do processo, tais especificações são empregadas como regras que indicam como executar o processo.

A produção de cartas topográficas do mapeamento sistemático brasileira, em médias e pequenas escalas, é responsabilidade do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da Diretoria de Serviço Geográfico (DSG) e são elaboradas a partir de levantamentos aerofotogramétricos e geodésicos, e da restituição digital (IBGE 1998, BRASIL, 1967). Apesar de prevista, a produção de cartas topográficas por generalização cartográfica não é realizada de forma sistemática para abranger todo o território nacional em diferentes escalas (SLUTER, 2018).

A produção de cartas topográficas em grandes escalas, por sua vez, é responsabilidade de estados e municípios. No Paraná, o órgão responsável pela cartografia de referência é o Instituto de Terras, Cartografia e Geologia (ITCG). As cartas topográficas dos municípios paranaenses são produzidas em uma escala base, 1:2.000. Quando necessárias cartas topográficas em escalas menores, estas são derivadas da escala base e o usuário define quais feições serão representadas na carta derivada (NALINI, 2005; CTCG, 2009). Esta carta derivada apresenta problemas de representação que comprometem a comunicação cartográfica (NALINI, 2005). Em vista disso, a generalização cartográfica pode ser adotada na produção de cartas topográficas no mapeamento básico brasileiro, visto que este processo reduziria o tempo e recursos empregados na produção de série cartas em múltiplas escalas (STOTER et al, 2016).

A cartografia digital possibilita que etapas do processo de generalização sejam automatizadas, desde a identificação dos problemas de representação até a aplicação dos operadores de generalização. Por exemplo, há ferramentas de análise espacial que podem ser utilizadas na detecção de situações que caracterizam

problemas de representação (STEINIGER & WEIBEL, 2007). Existem algoritmos que atuam como operadores de generalização e realizam as transformações geométricas e semânticas necessárias para a manutenção da comunicação cartográfica (MCMASTER & SHEA, 1992; LI, 2007).

Para realizar a generalização digital de modo automatizado é necessário padronizar especificações ou instruções de como as operações devem ser executadas devido à subjetividade do processo (MCMASTER & SHEA, 1992; RIEGER & COULSON, 1993; STOTER et al, 2009). Tais orientações podem ser baseadas nos aspectos da avaliação cartométrica e nos problemas de representação.

Para que os aspectos da avaliação cartométrica possam ser utilizados como referência para a tomada de decisão durante o processo de generalização automatizado é preciso formalizar este conhecimento. Sarjakoski (2007) e Stoter (2009) afirmam que ainda carece um conhecimento mais profundo de como formalizar as especificações cartográficas, pois há dificuldade para se descrever tais elementos em um formato e nível de conhecimento que possam servir de orientações para a generalização. A subjetividade em identificar e resolver os problemas de representação ainda é um desafio à automação (STOTER et al, 2009).

A vinculação de valores de tolerância, ou parâmetros gráficos, a cada especificação é necessária para a formalização das condições geométricas e das decisões referentes às transformações espaciais e de atributos. Cromley e Morse (1988), Regnauld (2001), SSC (2002), D'Alge (2007) e Spinola (2010) empregaram valores mínimos para algumas medidas geométricas, que caracterizam aspectos da avaliação cartométrica. Apesar da existência destes parâmetros, a detecção destas condições ainda é uma ação subjetiva, e exige conhecimento que deve ser inferido pelo cartógrafo, pois ainda não há solução computacional completa para realizar esta identificação, sendo então necessária sua proposição e implementação.

Realizar a avaliação cartométrica somente de modo visual e aplicar as transformações espaciais de modo manual demandam tempo e esforço, além de serem ações subjetivas e intuitivas. Identificar os problemas de representação com auxílio de ferramentas de análise espacial e aplicar as transformações com os algoritmos disponíveis apresentam vantagens, mas o processo ainda é dependente do profissional que o realiza. Há necessidade de tornar o processo de generalização mais holístico através da automatização da tomada das decisões referentes à solução

dos problemas de representação, baseada nos aspectos da avaliação cartométrica e na aplicação dos operadores necessários.

Com base no que foi apresentado, propõe-se como problema a ser investigado nesta pesquisa: como automatizar a generalização cartográfica das feições de edificações, limites de propriedade e vias urbanas de ocupações urbanas no Brasil representadas em cartas topográficas na escala 1:5.000, derivadas de cartas na escala 1:2.000?

Para a hipótese afirma-se que: se é possível detectar as condições geométricas; identificar as transformações espaciais e de atributos necessárias à generalização cartográfica com base nas medidas espaciais e holísticas, e definir os parâmetros que compõem os operadores de generalização, sendo estes determinados com base nas transformações espaciais e de atributos, então, pode-se realizar de modo automatizado as decisões referentes a quais feições generalizar e quais operadores aplicar.

No capítulo 2 apresenta-se a revisão bibliográfica sobre mapeamento topográfico para grandes escalas, comunicação cartográfica, generalização cartográfica. O capítulo 3 descreve as etapas da metodologia e o capítulo 4 apresenta os resultados obtidos. As conclusões e recomendações são apresentadas no capítulo 5.

## 1.1. OBJETIVOS

### 1.1.1. Objetivo Geral

Viabilizar a implementação da generalização cartográfica na produção de cartas topográficas em série no Brasil pela aplicação de uma metodologia que realize, de modo automatizado, as decisões relacionadas à avaliação cartométrica e as transformações espaciais desse processo.

### 1.1.2. Objetivos Específicos

- Verificar e identificar visualmente cada uma das medidas espaciais e holísticas que podem ocorrer na redução de escalas das feições edificações, limites de propriedades e vias urbanas;
- Determinar os problemas de representação das feições definidas na escala reduzida;
- Definir e automatizar os operadores de generalização para cada transformação espacial, e
- Propor medidas para verificar a qualidade visual da representação da carta topográfica generalizada.

## 1.2. JUSTIFICATIVA

A produção de cartas topográficas do mapeamento básico no Brasil é realizada por meio de levantamentos diretos, por restituição digital e por compilação de cartas em escalas maiores. Isto ocorre tanto para cartas em pequenas escalas como para cartas em grandes e médias escalas (IBGE, 1998, NALINI, 2005). No Paraná, as cartas topográficas em grande escala são produzidas na escala base 1:2.000 por levantamentos aerofotogramétricos (PARANÁ, 2010). Para atender as necessidades e requisitos dos profissionais que utilizam este produto, são necessárias cartas nas escalas 1:5.000 e 1:10.000. Os processos diretos demandam tempo, esforço, investimento e são afetados pelo aspecto temporal. A compilação de cartas implica na redução de escala e resulta em uma carta com alto grau de complexidade, visto que há muita informação para pouco espaço de representação. Esta situação compromete a comunicação cartográfica, visto que os critérios de visibilidade e legibilidade não são respeitados.

Diante deste cenário a generalização cartográfica se faz necessária. McMaster & Shea (1992) e Weibel & Dutton (1999) afirmam que o reconhecimento de estruturas, formas, dimensões e padrões espaciais é uma ação anterior a aplicação dos operadores de generalização. Estes aspectos visuais e geométricos são descritos por McMaster & Shea como elementos da avaliação cartométrica. É possível afirmar que as decisões referentes a quais feições apresentam problemas de representação e como solucioná-los são dependentes dos aspectos da avaliação cartométrica. Isto

posto, há uma relação entre os aspectos visuais e geométricos e as transformações espaciais e de atributos necessárias para a manutenção da comunicação cartográfica.

A generalização cartográfica pode ser utilizada na produção de cartas topográficas em série. Por exemplo, a Áustria, o processo é aplicado em cartas topográficas na escala 1:50.000 para resolução de problemas de representação (PAMMER & KNAPP, 2015). Outros países, como França, Grã-Bretanha e Suíça são países com tradição na produção de cartas topográficas por generalização cartográfica. A experiência na elaboração de produtos com base na generalização manual, possibilitou adquirir conhecimento dos problemas de representação que podem surgir na mudança de escala e como minimizar tais conflitos. Deste modo, atualmente, esses países realizam várias etapas do processo de modo automatizado e podem avaliar o resultado da carta generalizada. A automatização da generalização se dá por meio de agentes na França e na Grã-Bretanha, enquanto a Suíça emprega a abordagem baseada em restrições. Os três países fazem uso de *softwares* comerciais para aplicar a generalização automatizada em seus produtos.

A *European Spatial Data Research Organisation* (EuroSDR) (<http://www.eurosdrr.net/>) é uma organização sem fins lucrativos que reúne agências de mapeamento e cadastro europeias, além de pesquisadores para realizar trabalhos científicos aplicadas relacionadas à informação geográfica e Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE). Entre seus projetos, encontra-se a formalização das restrições cartográficas para a avaliação da qualidade da aplicação da generalização. Estes condicionantes são referentes à tamanhos mínimos, topologia, posição, forma e densidade (BURGHARDT, SCHMID, STOTER, 2007). Esta avaliação só é possível devido à existência de cartas generalizadas, seja manual ou digitalmente.

Visto que no Brasil não há produção de carta topográficas por generalização de forma automatizada, é necessário adquirir conhecimento e experiência sobre os aspectos deste processo para que possa ser aplicado no mapeamento urbano. Para tal, é necessário descrever e formalizar o conhecimento cartográfico a respeito das decisões tomadas ao longo do processo pode auxiliar na implementação da generalização na produção e atualização de cartas em série. Devido a necessidade de relacionar cada problema de representação identificada as soluções de generalização, a abordagem condição-ação foi empregada para automatizar o processo.

A generalização cartográfica é um processo complexo e holístico. Sua automação ainda é um desafio, apesar do desenvolvimento da cartografia digital. A detecção dos problemas de representação e dos elementos da avaliação cartométrica é algo subjetivo, assim como todo o processo de generalização. Os operadores de generalização são determinados em função dos parâmetros gráficos associados aos aspectos da avaliação cartométrica. A aplicação desses por meio da automatização das decisões referentes às transformações espaciais e de atributos, e da modelagem computacional torna o processo de generalização mais eficiente. Isso se dá, pois com a integração humano-computador o processo é menos afetado pelas tendências individuais provenientes da interpretação e humana.



## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. MAPEAMENTO BÁSICO PARA GRANDES ESCALAS

O mapeamento sistemático consiste no conjunto de operações de mapeamento regular com a finalidade de produzir cartas para a cobertura sistemática de um país ou região, e das quais outros documentos podem ser derivados (IBGE, 2016). O principal produto deste mapeamento são as cartas topográficas, ou mapas de referência geral, caracterizados pela representação de elementos da topografia (FRIEDMANN, 2008).

Topografia refere-se às feições ou objetos identificáveis na superfície terrestre, e para os quais é possível definir coordenadas planas e coordenadas de altitude, expressas em relação à superfície terrestre (KEATES, 1989, ROBINSON et al, 1995). Deste modo, pode-se afirmar que o mapeamento topográfico tem como objetivo fornecer referência espacial aos diferentes objetos presentes na superfície terrestre, de modo preciso e acurado, em escalas variadas (ROBINSON et al, 1995). Cartas topográficas fornecem elementos para diversos projetos como planejamento ambiental, socioeconômico e de segurança pública. Podem ser utilizadas por indivíduos treinados ou por cidadãos comuns, cujo objetivo é somente sua localização devido a representação de todos os acidentes naturais e artificiais de uma área (IBGE, 1998).

O IBGE (1998) define carta topográfica como um documento elaborado a partir de levantamentos diretos originais (aerofotogramétrico e geodésico) ou compilada de outras cartas em escalas maiores. A definição de quais informações serão representadas e como será sua simbolização são aspectos dependentes da escala da carta.

As escalas padrão para o mapeamento sistemático nacional são 1:1.000.000, 1:250.000, 1:100.000, 1:50.000 e 1:25.000. Cartas nas escalas médias, 1:250.000, 1:100.000, 1:50.000 e 1:25.000 são produzidas pelo IBGE e pela DSG. A DSG tem responsabilidade de normatizar tais produtos e o IBGE ainda tem como atribuição a produção de cartas do mapeamento sistemático nas escalas 1:1.000.000 e 1:500.000 (PARANÁ, 2010).

O Decreto – Lei nº 243/67, que fixa diretrizes e normas da cartografia nacional, determina que as normas técnicas para as cartas do mapeamento topográfico em

escalas menores de 1:250.000 são responsabilidade do IBGE. As convenções referentes às séries de cartas em escalas de 1:250.000 e maiores competem à DSG (BRASIL, 1967).

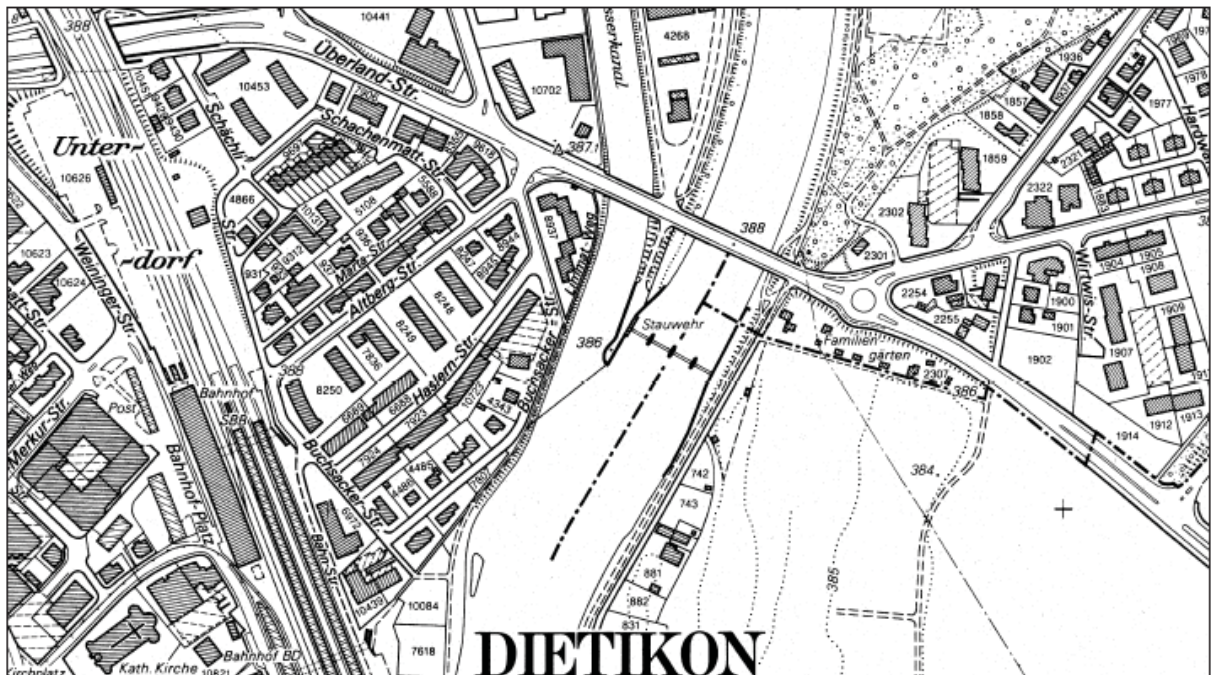
As FIGURAS 1 e 2 a seguir correspondem a recortes de cartas topográficas da comuna de Dietikon, na Suíça, nas escalas 1:5.000 (FIGURA 1) e 1:25.000 (FIGURA 2). Nota-se como a escala determina a quantidade de informações representadas, a simbologia e o nível de detalhamento. Quanto maior a escala, menor a área da superfície terrestre representada e há mais detalhes na representação das feições. Cartas topográficas nas escalas 1:5.000 e 1:10.000 têm como objetivo a representação completa da área para administração e planejamento local, serviços postais e de resgate (SSC, 2002). Por isso, a representação deve ser a mais completa possível da região. Assim, são representados o sistema de transportes completo, todas as edificações residenciais e de infraestrutura, limites de propriedade, feições da hidrografia, curvas de nível e pontos notáveis para representação do relevo, vegetação e toponímias de cidades, ruas, rios e altitudes.

O propósito das cartas na escala 1:25.000 é a representação de uma área para orientação, navegação, informação detalha sobre a superfície e pode ser utilizada para assistir a movimentação de tropas em nível local (SSC, 2002). As feições representadas nessas cartas são: sistema de transporte, edificações residenciais, feições essenciais de infraestrutura, limites municipais, hidrografia, curvas de nível e pontos notáveis, vegetação e toponímias de cidades, vilas, aldeias, altitudes, rios.

As séries de cartas topográficas do mapeamento topográfico nacional são elaboradoras a partir de métodos tradicionais (levantamentos diretos) ou compilação de escalas maiores (IBGE, 1998). A produção é afetada pelo aspecto temporal, visto que a partir da data da tomada da aerofotografia (ou da obtenção da imagem de satélite) até a data de impressão do produto final podem se passar meses, devido ao fato que procedimentos para a produção de uma carta topográfica demandam tempo e, deste modo, o produto final pode estar desatualizado. Isto prejudica a relação custo/benefício da produção de cartas topográficas. De acordo com o IBGE (2016), a produção de novos produtos é realizada somente por restituição digital e a atualização cartográfica é feita com base em imagens orbitais digitais.

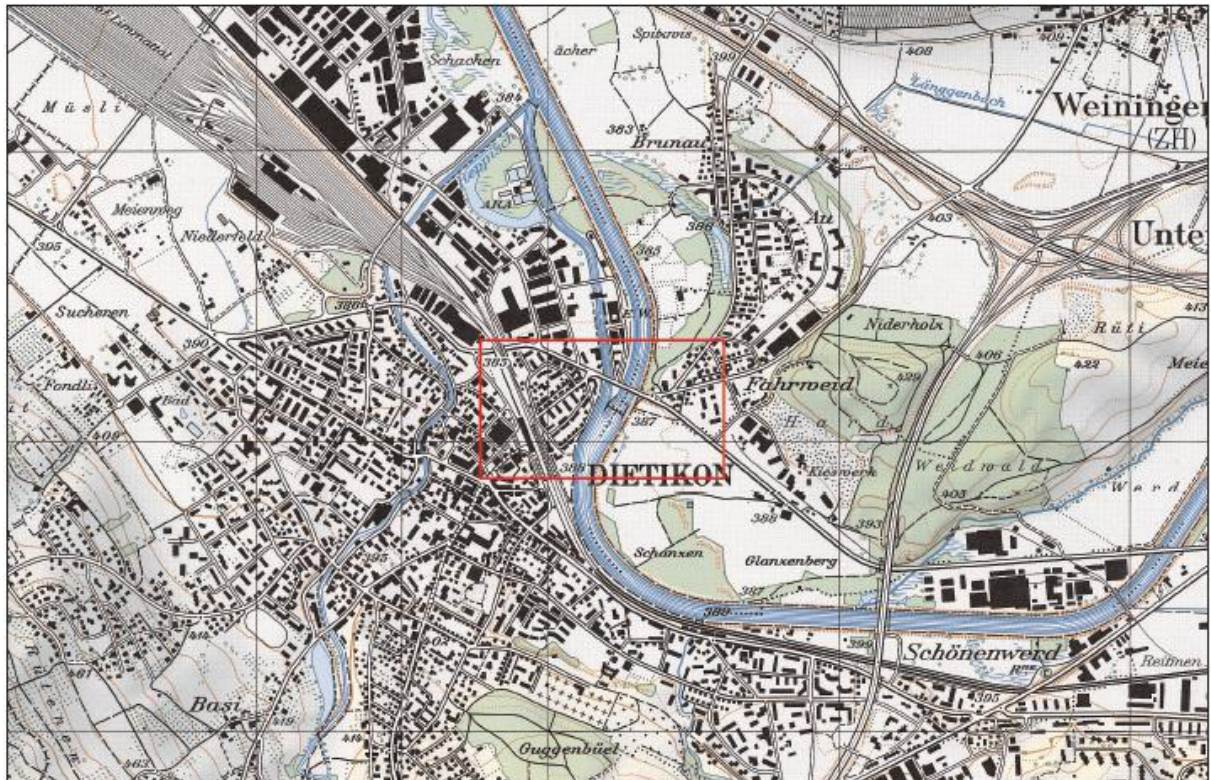


FIGURA 1 – RECORTE DE UMA CARTA TOPOGRÁFICA DE DIETIKON NA ESCALA 1:5.000



FONTE: SSC (2002).

FIGURA 2 – RECORTE DE UMA CARTA TOPOGRÁFICA DE DIETIKON NA ESCALA 1:25.000



FONTE: SSC (2002).

A produção de cartas topográficas de modo sistemático com a aplicação da generalização cartográfica é uma realidade em muitos países. Há uma carta

topográfica em uma escala base, elaborada a partir de levantamentos diretos, e a geração de cartas em escalas menores se dá por meio da generalização cartográfica. Por exemplo, o *Institut National de L'Information Géographique et Forestière* (IGN) produz cartas topográficas do território francês na escala base 1:1.000, 1:5.000 e 1:25.000 e cartas em outras escalas, como 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000, são produzidas através da generalização cartográfica digital (LECORDIX, 2010). Este processo pode ser aplicado na própria carta topográfica digital ou no banco de dados correspondente à escala final da carta.

A agência de mapeamento nacional da Turquia, *Harita Genel Komutanligi* (HKG), produz cartas topográficas na escala base 1:25.000, por meio de levantamentos geodésicos e aerofotogramétricos. As cartas nas escalas 1:50.000 e 1:100.000 são produzidas por generalização cartográfica semiautomática. O processo é realizado de modo manual para a produção de cartas nas escalas 1:250.000 e 1:500.000 (ÇELIK e SIMAV, 2015).

No Brasil, a produção de cartas topográficas em grandes escalas para o mapeamento básico é responsabilidade de estados e municípios. Porém, não há normas para este mapeamento em âmbito nacional atualmente. No Paraná, estas diretrizes são determinadas pela Câmara Técnica de Cartografia e Geoprocessamento (CTCG) e foram definidas para a escala base 1:2.000. Todos os 399 municípios devem apresentar bases cartográficas no mesmo padrão: sistema geodésico de referência, cobertura aerofotogramétrica na escala 1:8.000, restituição numérica na escala 1:2.000 e biblioteca de símbolos (CTCG, 2009). As convenções cartográficas padronizadas permitem um intercâmbio de informações entre instituições que fazem uso das cartas topográficas estaduais e reflete em redução dos custos para obtenção dos dados (CTCG, 2009).

O QUADRO 1 apresenta a situação do mapeamento sistemático e cadastral no estado do Paraná. Apenas 5% da área total do Estado está mapeado na escala 1:10.000 pela Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA). Até 2010, 25 municípios integravam a Região Metropolitana de Curitiba (RMC). Destes, 14 cidades foram mapeadas na escala 1:10.000 pela Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba (COMEC), número que representa 70% do total. Na escala 1:2.000, 99% dos municípios do Estado estão mapeados, ou seja, apenas um município não apresenta base cartográfica nesta escala. Em razão da necessidade e importância de informações cartográficas



atualizadas para o planejamento, desenvolvimento territorial e projetos ambientais, a CTCG afirma que a produção de cartas em grandes escalas em âmbito estadual é insatisfatória.

QUADRO 1 – SITUAÇÃO DO MAPEAMENTO DO ESTADO DO PARANÁ ATÉ JULHO DE 2010

ESCALA	TOTAL	MAPEADO	PORCENTAGEM	PERÍODO	RESPONSÁVEL
1:10.000	199.880,20 km <sup>2</sup>	10.000 km <sup>2</sup>	5 % do Estado	2000	SUDERHSA
1:10.000	25 municípios	14 municípios	70% da RMC	1976	COMEC
1:2.000	399 cidades	398 cidades	99% das cidades	1991 a 2006	PARANACIDADE/COPEL

FONTE: Adaptado de Paraná (2010).

As cartas topográficas em grande escala são utilizadas pelo PARANACIDADE, órgão vinculado à Secretaria do Desenvolvimento Urbano do Estado do Paraná. Esta instituição tem como missão incentivar e executar atividades e serviços relacionados ao desenvolvimento regional, urbano e institucional dos municípios. Isto é feito por meio de projetos institucionais voltados à viabilização de assistência técnica e treinamento em administração e gestão urbana, e aperfeiçoamento da implantação e manutenção de projetos de investimento em infraestrutura urbana (PARANACIDADE, 2013).

As cartas topográficas existentes no PARANACIDADE são chamadas de bases cartográficas digitais urbanas. Essas são usadas como referência no desenvolvimento de trabalhos e projetos voltados ao desenvolvimento regional, urbano e institucional dos municípios paranaenses. Os planos diretores municipais estão sendo revistos e reformulados. Para isto, está sendo desenvolvida, pelo PARANACIDADE, uma metodologia para a elaboração dos Planos Diretores Municipais (PDM) padronizada para todo o estado. Nesta metodologia, a escala da base cartográfica utilizada será 1:5.000 (SLUTER et al, 2013).

Segundo NALINI (2005), as cartas derivadas da escala base 1:2.000 passam pela etapa de seleção das classes de feições que serão representadas e este processo é feito com base no conhecimento e experiência dos técnicos que especificam e utilizam estes produtos. Pelo fato destas cartas serem produzidas pela redução de escala, elas não atendem as necessidades destes profissionais devido à presença de problemas de representação (NALINI, 2005; SLUTER et al, 2013).

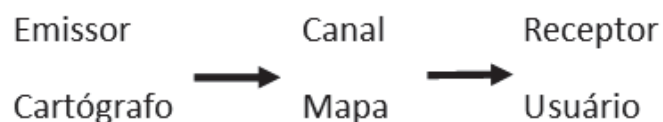
## 2.2. COMUNICAÇÃO CARTOGRÁFICA

Cartas topográficas armazenam e comunicam informações geográficas e, assim, revelam diferentes visões da realidade ao usuário (LONGLEY et al, 2013). Esta comunicação se dá pela representação gráfica clara dos objetos e fenômenos de interesse. A representação gráfica consiste nos símbolos cartográficos e está relacionada a uma linguagem gráfica, bidimensional, atemporal e visual, a qual permite que o usuário visualize e faça uma interpretação correta da carta topográfica (MARTINELLI, 2014).

Os símbolos cartográficos devem ser cuidadosamente escolhidos e projetados em conjunto para que formem uma representação integrada (ROBINSON et al, 1995). Visto que a finalidade de uma carta topográfica é a representação de uma variedade de informações geográficas, ao longo do processo de produção da carta cada feição deve ser simbolizada de uma maneira única, para que seu significado não seja confundido com alguma outra informação. A aplicação das convenções cartográficas deve proporcionar a leitura clara e o entendimento dos produtos cartográficos. Portanto, é dever do cartógrafo compreender corretamente a realidade e representá-la de modo adequado às necessidades do usuário (TAURA, 2007).

O entendimento da Cartografia como ciência refere-se à designação do mapa como meio de comunicação. Nesta teoria há três aspectos, apresentados na FIGURA 3: o mapa, como canal de comunicação, o cartógrafo, como emissor e o usuário, como receptor (MARTINELLI, 2014). A comunicação é considerada eficaz quando o receptor recebe a mensagem do emissor sem ruídos ou interrupções. Em outras palavras, quando o cartógrafo consegue transmitir ao usuário a informação representada no mapa sem nenhum problema de visualização e leitura.

FIGURA 3 - ELEMENTOS DA COMUNICAÇÃO CARTOGRÁFICA

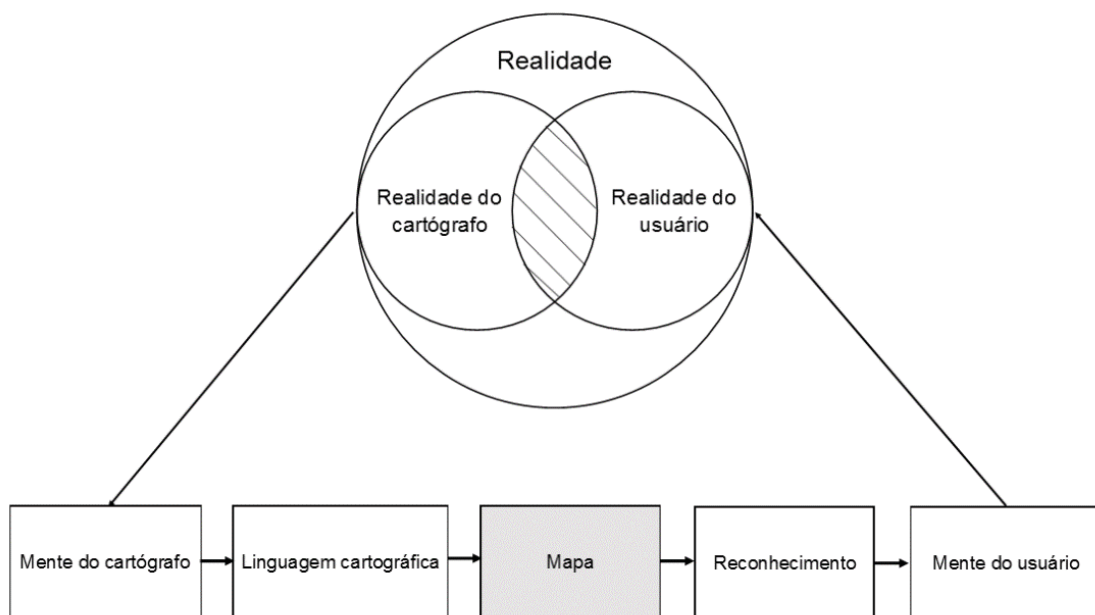


FONTE: Adaptado de Martinelli (2014).

Para que as cartas topográficas sejam ferramentas eficazes de comunicação, houve necessidade de aprimorar a produção destas. Deste modo, alguns cartógrafos

elaboraram modelos de comunicação cartográfica. Kolacny (1977) propôs um modelo de comunicação no qual o cartógrafo deve conhecer a realidade do usuário e, com este conhecimento, projetar uma carta compreensível (FIGURA 4). Este modelo une a produção da carta com a sua utilização. A comunicação cartográfica ocorre quando o usuário interpreta corretamente as informações representadas na carta pelo cartógrafo. De acordo com este modelo há a 'realidade', o mundo real, a realidade do cartógrafo e a do usuário. Para que a comunicação cartográfica seja eficiente deve haver uma sobreposição entre a realidade dos dois componentes. O reconhecimento da realidade por parte do usuário abrange a utilização precisa da simbologia pelo cartógrafo e a sua interpretação de modo correto pelo usuário.

FIGURA 4 – PROCESSO DE COMUNICAÇÃO CARTOGRÁFICA



FONTE: Adaptado de Kolacny (1977).

Quando se produz uma carta apenas por redução geométrica da escala, surgem problemas de representação, ou conflitos gráficos. Por exemplo, feições que na escala original são representadas a uma certa distância, na escala reduzida estão sobrepostas umas às outras. Isto intervém de modo direto na comunicação cartográfica, e pode induzir o usuário a uma interpretação equivocada. Isto é um indicativo da necessidade de generalização cartográfica, pois por meio da aplicação de transformações espaciais e de atributos, este processo reestabelece as condições ideais de visibilidade e legibilidade necessárias para que o usuário entenda o que está

representado no mapa (KEATES, 1989; NALINI, 2005; TAURA 2007).

### 2.2.1. Problemas de representação e parâmetros gráficos

Parâmetros gráficos podem ser considerados como especificações cartográficas necessárias para evitar a presença de problemas de representação em uma carta topográfica, ou seja, para que a comunicação cartográfica se mantenha eficiente. Sua utilização está relacionada ao estabelecimento de valores mínimos. Por exemplo, como parâmetro de dimensão mínima para o lado de um polígono colorido, a SSC (2002) apresenta como valor 0,80 mm. Deste modo, uma feição de área é considerada visível caso for representada por um polígono cujo lado (s) tenha comprimento maior ou igual a 0,80 mm. Este valor é baseado nos limites de percepção visual.

Estes limites influenciam na leitura de uma carta, visto que estão relacionados à habilidade de reconhecer um objeto e compreender seu significado (BOS, 1984). O olho humano pode reconhecer uma linha preta de 0,04 mm de espessura a uma distância de 30 cm, um ponto isolado de aproximadamente 0,01 mm de diâmetro, e a distância entre objetos de, aproximadamente, 0,15 mm, caso a carta impressa apresente bom contraste entre a simbologia e o seu fundo (SSC, 2002).

O limite de acuidade visual é de 0,20 mm, assim nenhuma feição deve ser representada em uma carta topográfica impressa com dimensão menor que 0,20 mm na escala da carta. O Decreto nº 89.817/84 estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacionais e cria o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC). Segundo estas normas, cartas impressas devem ser classificadas quanto à sua exatidão e à distribuição de erros, com base em um indicador estatístico, o PEC. Os valores para a determinação da classificação devem ser calculados em função da escala da carta.

Devido às mudanças na produção de documentos cartográficos, em virtude do desenvolvimento dos equipamentos e dos processos para aquisição de dados, foi necessário estabelecer novos padrões de qualidade para os produtos cartográficos (DSG, 2015). As Especificações Técnicas dos Produtos dos Conjuntos de Dados Espaciais (ET-PCDG), também denominado Padrão de Exatidão Cartográfica para Produtos Cartográficos Digitais (PEC-PCD), definem os elementos de qualidade para produtos digitais. Assim como para produtos impressos, para um produto digital seja



aceito, 90% dos erros dos pontos coletados no produto devem apresentar valores iguais ou inferiores aos previstos na norma. Para a classificação de um produto digital os valores também devem ser calculados em função da escala.

As cartas topográficas em meio digital podem ser visualizadas como dados em formato vetorial ou como imagens (por exemplo .jpeg, .tiff). Na primeira forma, cada feição representada na carta corresponde a um arquivo com estrutura vetorial, composto por nós, vértices, com coordenadas conhecidas, tabela de atributos, e sua visualização e manipulação só é possível em *softwares* de cartografia digital (DAVIS, 2001). Cartas topográficas não são produzidas numa estrutura matricial, mas um arquivo em formato de imagem pode ser criado com base nos arquivos vetoriais. Por exemplo, O ITCG disponibiliza cartas do litoral do estado do Paraná na escala 1:25.000 somente em formato .tiff, o que não permite a manipulação dos dados das cartas topográficas.

Para cartas visualizadas em meio digital, as restrições visuais são outras. Como a resolução de monitores difere da resolução de uma carta impressa, os valores mínimos para o critério de visibilidade são diferentes. Desta maneira, o tamanho do pixel e sua quantidade são os aspectos relacionados aos valores mínimos em meio digital. Por exemplo, para símbolos pontuais, a SSC recomenda tamanho mínimo de cinco pixels, para distância entre feições, de dois a três pixels, considerando o tamanho de cada pixel como de 0,3 mm, quando impresso (SSC, 2002).

Ao reduzir a escala de uma carta, o tamanho dos símbolos também é reduzido. Isto pode ocasionar problemas de visibilidade, visto que várias feições podem ficar imperceptíveis aos olhos humanos. A visibilidade consiste na habilidade em detectar pequenas feições ou detalhes espaciais, diferenciá-los de seus vizinhos e está relacionada à acuidade visual (PUGLIESI, 2002). O conceito de acuidade visual é dado em função do tamanho mínimo de um objeto que pode ser observado a certa distância de leitura e o ângulo de visualização (BOS, 1984).

Robinson et al (1995) afirmam que as formas dos símbolos pontuais não devem estar desorganizadas, as linhas devem ser claramente diferenciáveis em forma e espessura, cores e texturas usadas em diferentes símbolos devem ser visualmente distintas. Ainda segundo estes autores, um símbolo pode ser visível, mas não permitir associação da sua forma com seu significado. Portanto, a legibilidade envolve visualizar um símbolo e entender seu significado em conjunto com a representação do que está ao seu redor. A simbologia de uma carta topográfica deve ser visível e

legível para que esta possa ser lida e entendida corretamente.

Os critérios de visibilidade e legibilidade pode auxiliar na identificação e solução dos problemas de representação. Beard e Mackaness (1991) afirmam que estes critérios estão relacionados aos requisitos mínimos de manutenção da clareza e da legibilidade gráficas. Tais aspectos da comunicação cartográfica são respeitados quando as seguintes situações são evitadas: áreas muito pequenas, segmentos lineares muito curtos, itens muito estreitos ou muito próximos. Uma área é considerada muito pequena se seu tamanho está abaixo do valor considerado como aceitável para uma feição ser visível. Os autores ainda afirmam ser necessário definir valores mínimos relacionados a cada conflito. Tais valores, apresentados na QUADRO 2, são referentes a cartas topográficas impressas.

QUADRO 2 – VALORES MÍNIMOS DE BEARD E MACKANESS

Conflito	Valor mínimo
Muito pequeno	0,01 polegadas <sup>2</sup> (aprox. 0,25 mm <sup>2</sup> )
Muito curto	0,08 polegadas (aprox. 2 mm)
Muito estreito	0,15 polegadas (aprox. 3,8 mm)
Muito perto	0,20 polegadas (aprox. 5 mm)

FONTE: Adaptado de Beard e Mackaness (1991).

Regnauld (2001) descreveu os problemas de representação, especificamente para feições de edificações, em função de quatro aspectos: restrições de legibilidade, identidade visual, organização espacial e homogeneidade (QUADRO 3). Estes não são classificados como condições geométricas ou medidas espaciais e holísticas, como McMaster & Shea (1992) abordam a avaliação cartométrica.

QUADRO 3 – FATORES QUE CARACTERIZAM OS PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO

CONDIÇÕES	CARACTERÍSTICAS
Restrições de legibilidade	Percepção Separação Densidade máxima
Identidade visual	Forma Tamanho Cor
Organização espacial	Proximidade Similaridade Continuidade
Homogeneidade	-

FONTE: Adaptado de Regnauld (2001).




As restrições de legibilidade são dadas em função da percepção visual, separação entre símbolos e densidade máxima. A *percepção* é descrita em termos de restrições, as quais especificam o tamanho mínimo dos objetos ou seus detalhes. Valores mínimos para o comprimento do lado de polígonos e para o comprimento mínimos de detalhes dos polígonos são recomendados por Regnauld (2001). A SSC (2002) também recomenda dimensões mínimas nas convenções cartográficas para cartas topográficas produzidas por generalização. No entanto, os valores de Regnauld (2001) diferem do padrão proposto pela SSC (2002), conforme visto na QUADRO 4. A *separação* consiste na distância mínima entre duas feições. A *densidade máxima* se refere ao número de objetos por unidade de área e é indicativo de que legibilidade da carta nesta área.

Ainda a respeito das condições que caracterizam os problemas de representação segundo Regnauld (2001), a identidade visual é composta por fatores que preservam as características visuais da carta de modo que o usuário possa identificar a feição como uma edificação. O atributo de *forma*, refere-se à representação de edificações, de modo geral, como polígonos com ângulos ortogonais. O *tamanho* de uma edificação pode auxiliar o usuário a discernir sua classe, pois edificações grandes são associadas à classe industrial ou pública, enquanto polígonos menores, são interpretados como prédios residenciais ou comerciais (REGNAULD, 2001). A *cor* da representação de um polígono deve seguir uma padronização, para que seja possível identificar, não só a edificação, mas sua classe também. Tais peculiaridades dos objetos, estabelecidas nas convenções cartográficas, devem ser mantidas ou recuperadas durante a aplicação da generalização cartográfica para reestabelecer o critério de interpretação.

Regnauld (2001) descreve organização espacial em função de elementos da Gestalt. A *proximidade* refere-se ao critério de vizinhança, quando em uma área as feições que estão mais próximas umas das outras. Na FIGURA 5 (a) pode-se identificar facilmente 3 grupos. A *similaridade* está relacionada a capacidade humana de associar informações similares. Isto é representado na FIGURA 5 (b), na qual pode-se dividir os elementos em dois grupos: quadrados e círculos. Segundo Regnauld (2001), edificações podem ser combinadas de acordo com forma, tamanho e orientação. Estes dois aspectos também são usados por Li et al (2004) para a generalização cartográfica de áreas urbanas. A *continuidade* pode ser descrita como

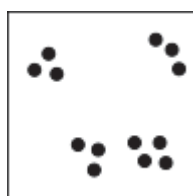
a identificação de feições baseada na sua disposição linear (FIGURA 5 (c)). As edificações são representadas em uma disposição linear devido a sua orientação coincidir com a direção das vias urbanas nas quais estão localizadas. Estes fatores auxiliam na detecção de grupos de edificações similares, áreas residenciais e conflitos devido à excessiva proximidade. A FIGURA 5 ilustra estas condições.

QUADRO 4 – PARÂMETROS GRÁFICOS RECOMENDADOS POR REGNAULD (2001) E PELA SSC (2002)

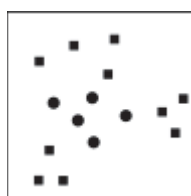
	REGNAULD (2001)	SSC (2002)	EXEMPLO
Tamanho mínimo	0,5 mm	0,80 mm	
Detalhe do polígono	0,3 mm	0,25 mm	
Espaçamento mínimo entre polígonos	0,15 mm	0,20 mm	

FONTE: Adaptado de Regnauld (2001) e SSC (2002).

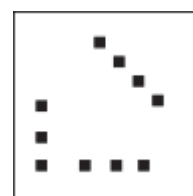
FIGURA 5 – ELEMENTOS DE ORGANIZAÇÃO ESPACIAL. PROXIMIDADE (A), SIMILARIDADE (B), CONTINUIDADE (C)



(a)



(b)



(c)

FONTE: Regnauld (2001).

Ao considerar os aspectos citados por Regnauld (2001), a carta reduzida deve passar por modificações para se adequar à nova escala e assim, reestabelecer a visibilidade e legibilidade. Devem ser realizadas transformações, de modo *homogêneo*, para preservar o equilíbrio geral da carta (REGNAULD, 2001).

Weibel & Dutton (1999) abordam os problemas de representação como critérios cartométricos, porém não apresentam valores ou exemplos de como analisar e medir tais aspectos. Estes critérios são listados a seguir:

- **Aglomeração:** excessiva densidade de feições devido à redução de escala;

- *Conflito*: símbolos sobrepostos ou não discerníveis;
- *Consistência*: simbologia uniforme e classificação de valor pelo mapa, e
- *Perceptibilidade*: manutenção da legibilidade quando as feições ou seus símbolos diminuem de tamanho.

Estes aspectos podem ser empregados para avaliar se uma carta reduzida em escala atende aos objetivos do processo de generalização. Weibel e Dutton (1999) afirmam que os operadores de generalização devem ser selecionados em função destas metas, e não em função dos aspectos da avaliação cartométrica de McMaster & Shea (1992). Uma vez identificados os problemas de representação, sejam como critérios cartométricos, como conflitos gráficos ou durante a avaliação cartométrica, a generalização deve ser aplicada para solucioná-los (BEARD E MACKANESS, 1991).

## 2.3. GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA

### 2.3.1. Histórico e definições

Robinson et al (1995) definem generalização cartográfica como o processo de adequar os dados de uma representação à nova escala e aos requisitos da comunicação cartográfica eficaz. A redução de escala requer que detalhes desnecessários sejam eliminados enquanto outros sejam destacados. Caso não seja realizada uma adaptação dos dados, problemas na representação ocorrerão. Por exemplo, distâncias entre feições, larguras e comprimentos de feições serão alterados e sobreposição ou congestionamento de feições ocorrerão (ROBINSON et al, 1995). O mapa na escala reduzida pode parecer uma representação caótica.

Segundo Slocum et al (2009), generalização cartográfica é o processo de redução de informações em um mapa devido a mudança na escala, propósito do mapa, usuário e restrições técnicas. Kraak & Ormeling (2010) definem generalização como o processo de reduzir de modo significativo a quantidade de detalhes em um mapa, normalmente aplicado quando o mapa tem sua escala reduzida. A *International Cartographic Association* (ICA) (1973) define generalização cartográfica como a seleção e representação simplificada de detalhes em função da escala e da finalidade

do mapa. Assim sendo, se cada mapa é produzido com um objetivo, para cada mapa há um modo de realizar a generalização cartográfica.

A SSC (2002) afirma que existem várias propostas e explicações que tentam definir o processo de generalização. Rieger e Coulson (1993) também alegam que não há uma teoria ou solução única a respeito do processo de generalização que seja aceita por todos. Isto é consequência da complexidade e subjetividade do processo.

A SSC (2002) propõe uma definição de generalização cartográfica que se enquadra no processo de produção de cartas topográficas: simplificação gráfica de mapas de grande escala conforme a escala e o conteúdo a ser representado. É um processo composto basicamente, pela seleção e combinação de objetos segundo seu uso, precisão posicional, características, representação gráfica correta e clara (SSC, 2002). Entre os aspectos que devem ser observados estão: o conteúdo da carta, que deve ser visivelmente estruturado, símbolos associativos e significativos, que auxiliam na comunicação intuitiva, a seleção dos objetos, a qual condiz com o objetivo do mapa, a representação que deve ser tão fiel em relação a realidade quanto possível e o mapa, que deve ser legível sem a utilização de lupas e sob condições difíceis (SSC, 2002).

Com o surgimento da cartografia digital e com a evolução constante dos sistemas de informação geográfica, a generalização manual deixou de ser realizada. O processo digital ocasionou novos problemas e conceitos à definição deste processo cartográfico (McMASTER & SHEA, 1992). Assim, pode-se classificar os diferentes processos de generalização conforme apresentados no QUADRO 5.

QUADRO 5 – TIPOS DE GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA

PROCESSO	CARACTERÍSTICAS		PROCEDIMENTOS
Manual	Ambiente analógico	Realizada em cartas impressas em papel	Totalmente manual
	Ambiente digital	Realizada em cartas vetorizadas	Manual
Digital	Semi- automática	Requer a intervenção do operador	Implementados em códigos
	Automática	Sem intervenção do operador	Implementados em códigos

FONTE: Adaptado de ISSMAEL (2003).

O cartógrafo exerce um papel fundamental no processo, analógico e digital, pois as decisões de quais feições generalizar, em quais situações e como fazer isto, são suas. A vantagem do processo manual é sua característica holística, ou seja, os

problemas associados à generalização e à aplicação das transformações necessárias são vistos de modo integrado, enquanto a generalização digital opera como algoritmos de computador. As transformações são tratadas de modo independente e aplicadas em uma sequência pré-determinada (MCMASTER & SHEA, 1992).

McMaster & Shea (1992) definem generalização digital como um processo de derivação de dados cartográficos, a partir de um banco de dados geográficos, por meio de transformações espaciais e de atributos. Estas operações são realizadas com objetivo de manter a clareza da representação em uma escala menor, sendo este talvez, segundo os autores, o principal objetivo da generalização.

Com relação à generalização automática, há autores que afirmam que este processo, totalmente automatizado, não é possível, pois não há como generalizar uma carta sem a alguma intervenção humana. Isto ocorre porque não há consenso de como a generalização deve ser realizada, logo, não há como automatizar todas as suas etapas (STOTER, 2005). A tecnologia presente na cartografia digital permite que o processo seja realizado de modo iterativo, com a habilidade de refazer o processo até que o produto seja aceitável. As ferramentas existentes nos *softwares* atuais permitem que algumas etapas sejam realizadas de modo automático, no entanto o problema é muito complexo para o desenvolvimento de um sistema no qual o processo de generalização seja aplicado por completo sem intervenção do cartógrafo (JOÃO, 1998). O modelo de generalização cartográfica digital de Ruas e Plazanet (1996) apresenta o processo como sendo iterativo, uma vez que, identificada uma situação com problemas, selecionados e aplicados os operadores para solução destes, esta última etapa pode ser refeita até que todos os conflitos sejam resolvidos com base nas restrições estabelecidas no início.

A automatização da generalização cartográfica tem sido o foco das pesquisas nessa área nas últimas décadas. De acordo com João (1998), para tornar o processo digital é necessário dividi-lo em etapas menores e conhecidas. Cada etapa é chamada de operador de generalização, cuja finalidade é realizar uma transformação. Ao serem trabalhados em ambiente digital, estes operadores são tratados como algoritmos computacionais compostos por uma sequência de regras e ações que devem solucionar os problemas de representação. A identificação de tais regras e ações e a sua implementação no sistema computacional foi um dos desafios mais difíceis dentro da área de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) durante os anos 1990 (MÜLLER, 1991 citado por JOÃO, 1998).



McMaster & Shea (1992) e Regnauld (2001) afirmam que as primeiras pesquisas sobre generalização digital tratavam do desenvolvimento dos algoritmos para cada transformação realizada de modo manual, principalmente para a simplificação. Estudos como Lichtner (1979) e Muller & Zeshen (1992) abordam o aprimoramento de ferramentas para a generalização de áreas urbanas representadas em grandes escalas e da generalização da hidrografia, além da generalização contextual, com a finalidade de controlar a ação dos algoritmos de acordo com o contexto espacial no qual é aplicado. Regnauld (2001) e Basaraner & Selcuk (2004) apresentam algoritmos para a tipificação de edificações. Houve também o desenvolvimento de algoritmos para generalização de imagens de satélite. Segundo Li (2007) há operadores para eliminação, simplificação e agregação de áreas, elaborados com base na morfologia matemática.

Digital ou analógica, a generalização é, e sempre será um processo subjetivo, dependente do profissional que a realiza (KRAAK & ORMELING, 2010). João (1998) declara que o cartógrafo faz uso da sua experiência, intuição, conhecimento da área representada e do seu próprio julgamento para generalizar. Portanto, o resultado da aplicação do processo de generalização diverge de um cartógrafo para outro, mesmo quando aplicado em uma mesma feição.

Segundo Kraak & Ormeling (2010), a generalização gráfica é caracterizada pelas operações que não alteram a simbologia das feições, e afetam somente a representação geográfica ou topológica dos dados. Feições pontuais continuam sendo representadas como pontos, feições lineares como linhas e feições de áreas como polígonos. A generalização conceitual lida com os atributos dos dados, gerando mudanças na simbologia e, por consequência, na legenda da carta.

Os operadores de generalização são responsáveis pelas transformações das características espaciais e de atributos das feições. Com relação às transformações espaciais os operadores são: simplificação, suavização, agregação, amalgamação, fusão, colapso, refinamento, exagero, realce e deslocamento. Os operadores referentes às transformações de atributos são classificação e simbolização (MCMASTER & SHEA, 1992). Kraak & Ormeling (2010) incluem os operadores de fusão e seleção nas transformações de atributo. Os autores ainda afirmam que estes operadores podem alterar a legenda, ou seja, a simbologia. Transformações espaciais e de atributos são definidas no modelo de generalização proposto por McMaster & Shea (1992), o qual será tratado no item 2.3.3.



ISSMAEL (2003) classificou os operadores existentes na literatura de acordo com as suas finalidades. Isto pode ser visualizado na QUADRO 6, juntamente com o tipo de transformação referente a cada operador.

A seleção é considerada uma etapa da pré-generalização por muitos autores. Para Robinson et al (1995) para atender a finalidade do mapa é necessário limitar a representação a determinadas classes de informações, por meio da seleção dos dados importantes para a carta, ação que ocorre antes da produção da carta.

QUADRO 6 – OPERADORES POR TIPO DE TRANSFORMAÇÕES E FINALIDADE SEMELHANTE

TRANSFORMAÇÃO	OPERADORES	FINALIDADE SEMELHANTE
Espacial	Exagero	Ampliação de feições
	Simplificação e Suavização	Criação, eliminação ou alteração de pontos em linhas
	Refinamento e Tipificação	Manutenção do aspecto geral das feições
	Agregação, Amalgamação, Colapso, Combinação, Fusão e Segmentação	Mudanças dimensionais ou substituição pelo mesmo tipo de dado
	Deslocamento	Mudança de posição
De atributos	Simbolização	Atribuição de nova simbologia
	Classificação	Agrupamento de feições em classes
	Abreviatura e Associação Gráfica	Tratamento de toponímia

FONTE: Adaptado de ISSMAEL (2003).

Com relação aos operadores de generalização, há diversos algoritmos para realizar as transformações em ambiente digital. Algoritmos para todos os tipos de feições (pontuais, lineares e de áreas, de volume), de objetos, operações, escalas, necessidades e usuários (REGNAULD, 2001). De acordo com João (1998), pode-se dizer que os diferentes operadores surgiram da tentativa de tornar o processo de generalização manual menos subjetivo. Com a automatização desta parte do processo de generalização, os resultados seriam isentos da influência pessoal de cada cartógrafo.

Para generalizar uma carta topográfica os aspectos a seguir devem ser considerados (KRAAK & ORMELING, 2010):

- Grau de simplificação, determinado pela escala final da carta a ser

generalizada e a simbolização;

- Informações relevantes, determinadas pela escala da carta original e pelas necessidades do usuário;
- Manutenção das características, considerando o contexto geográfico e a região representada,
- Ferramentas disponíveis.

Além destes aspectos, Kraak & Ormeling (2010) citam a manutenção da acurácia geométrica e de atributo, a qualidade estética da carta, a hierarquia visual, os fatores técnicos como o tamanho e a resolução do monitor, e a diversidade de algoritmos existente. Com base nisso e no formato em que a carta será visualizada (em papel ou em monitores) e no tipo de processo (manual ou digital) pode-se determinar o que deve ser generalizado e como se dará a representação na nova escala.

Pode-se afirmar que a generalização cartográfica tem como finalidade manter a visibilidade e a legibilidade de uma carta derivada de uma escala maior através da redução da complexidade por meio de operações de transformação na representação dos dados.

### 2.3.2. Generalização Cartográfica Digital

McMaster & Shea (1992) e João (1998) afirmam que automatizar este processo é ainda um dos desafios da cartografia digital. Muitos pesquisadores dizem que generalização automática não é possível, devido à natureza subjetiva da generalização, o qual dificulta a transição das etapas do trabalho manual para etapas do processo automático (STOTER, 2005). Adquirir e formalizar conhecimento suficiente sobre a generalização cartográfica e suas etapas para que possa ser utilizado por sistemas computadorizados são tarefas complexas (TAILLENDIER et al, 2011).

Basaraner & Selcuk (2004) afirmam que ainda não há uma solução satisfatória para a generalização cartográfica, apesar de mais de 30 anos de exploração desta área. Kazemi & Lim (2004) alegam que os estudos e o desenvolvimento da cartografia digital nas últimas três décadas não foram suficientes para prover ferramentas

computacionais de generalização que possam competir com o trabalho do cartógrafo. Segundo Sarjakoski (2007), os métodos de generalização cartográfica têm sido aperfeiçoados; porém, ainda é necessário adquirir conhecimento profundo de como formalizar e aplicar o conhecimento cartográfico neste processo para que os requisitos do usuário sejam satisfeitos. Foerster et al (2010) declaram que as pesquisas em generalização cartográfica resultaram em solução para problemas de representação e feições específicos. Apesar destas pesquisas, há dificuldade em colocar os resultados em prática.

Pesquisas em generalização automática iniciaram com foco na generalização de feições lineares (MCMASTER & SHEA, 1992, REGNAULD, 2001, LI, 2007), devido ao fato de tais dados apresentam menor complexidade quando comparado a feições de área (JOÃO, 1998). Segundo Ware & Jones (1998), a maioria dos trabalhos recentes em generalização automática é direcionada a problemas isolados originados pela redução de escala e que são solucionados pelos operadores de generalização.

O aumento da capacidade de processamento dos sistemas computacionais utilizados na cartografia digital, necessários para a generalização, tornou-se disponível a partir do final do século XX, sendo assim compatível com o nível de entendimento que este processo cartográfico requer (MCMASTER & SHEA, 1992). Muitas etapas da generalização ainda não estão implementadas devido subjetividade do processo e da dificuldade em formalizar este conhecimento como regras e algoritmos. Os atuais softwares de SIG disponibilizam algumas ferramentas que podem ser aplicadas como operadores de generalização. Entre tais encontram-se: agregação (polígonos e pontos), delineamento de áreas edificadas, estreitamento de rede de estrada, união de estradas divididas, redução de detalhe da estrada, simplificação (linhas e polígonos), suavização (linhas e polígonos) e transformação de linhas duplas em linhas centrais. Porém, o uso destes operadores ainda requer a interação com o usuário que decide quais utilizar, em que ordem e como aplicá-los em relação aos parâmetros gráficos (WARE & JONES, 1998).

Estudos recentes em generalização focalizam em: gerenciar as ferramentas disponíveis para generalizar cartas urbanas em grande escala (REGNAULD, 2001), comparar os resultados de feições lineares generalizadas com diferentes algoritmos (D'ALGE, 2007), identificar os diferentes operadores de generalização existentes na literatura especializada (ISSMAEL, 2003), classificar os algoritmos de acordo com o tipo de problema de visualização (MCMASTER & SHEA, 1989, BEARD &

MACKANESS, 1991), determinar os parâmetros gráficos para generalização de feições específicas como edificações, limites de propriedade, vias e toponímia (TAURA, 2007), formalização das restrições cartográficas utilizadas para avaliação da carta generalizada (STOTER et al., 2009), como revisar tais especificações de modo automatizado (TAILLANDIER et al., 2011), na automatização de etapas desta avaliação (ZHANG, 2012), na avaliação visual e quantitativa do processo (STOTER et al., 2014; REGNAULD e HOWLAND, 2017), aplicação das ferramentas de generalização disponíveis em *software* comercial (VETTER, 2014), automatização da generalização de toponímias (POMBO, 2014), simplificar e suavizar feições lineares com tolerância que mantenha a legibilidade, acurácia e forma (STANISLAWSKI e BUTTENFIELD, 2017).

Regnauld (2001) apresenta um método para resolução de conflitos como sobreposição e congestionamento de feições, especificamente para as feições de edificações. Para a detecção destes, cinco condições gráficas foram utilizadas (QUADRO 3, página 27). De modo automático, é feita uma análise de cada grupo de edificações com respeito ao tamanho médio, a forma e a densidade, e estas informações são empregadas para definir como os dados serão representados na escala reduzida. A finalidade, neste método, é preservar o padrão, similaridades e diferenças entre conjuntos de edificações com relação à densidade, tamanho e orientação das feições. O autor ainda afirma que quando a generalização é aplicada com base nestes fatores, a carta reduzida é de boa qualidade.

O procedimento automático de Regnauld (2001) consiste em uma análise das edificações para a posterior divisão destas em grupos. Isto é feito com base no padrão das feições e suas características visíveis, principalmente a proximidade. Um gráfico de proximidade é criado através de um algoritmo adaptado (MST – *Minimum Spanning Tree* ou Árvore Geradora Mínima) que ‘liga’ cada feição a sua vizinha mais próxima e então, cada grupo é conectado ao seu grupo mais próximo. Cada grupo de edificações é processado individualmente com o operador de tipificação. O algoritmo empregado considera as relações entre os grupos de dados. Segundo o autor, o princípio geral da tipificação envolve ampliar ou eliminar edificações e manter o padrão de distribuição espacial dos dados originais. Por fim, o resultado é avaliado no que se refere às condições iniciais.

### 2.3.3. Modelos Conceituais

A generalização cartográfica é um processo complexo e holístico, no qual muitas de suas etapas são subjetivas. Devido a estas características, vários autores propõem modelos na tentativa de formalizar suas decisões. McMaster & Shea (1992) apresentam o modelo de Ratajski, de 1967, como a primeira tentativa de compreender melhor o processo de generalização. Ratajski define dois tipos de generalização: quantitativa e qualitativa. O primeiro refere-se à redução gradual na quantidade de informações do mapa de acordo com a redução de escala. Generalização qualitativa é a transformação na simbologia, tornando-a mais simples.

O Modelo de Morrison (1974, citado por MCMASTER & SHEA, 1992) tenta relacionar os quatro elementos básicos da generalização mencionados por Robinson e Sale: classificação, simplificação, simbolização e indução. Segundo Robinson et al (1995) a *classificação* é um processo intelectual referente ao agrupamento ordenado de feições de acordo com seus atributos e seus valores. Pode ser dividido em qualitativo (tipo de vegetação) e quantitativo (quantidade de hospitais por bairro de um município). A *simplificação* é utilizada para ressaltar características importantes das feições e eliminar detalhes desnecessários. A *simbolização* consiste na definição da simbologia ou na codificação das informações segundo o contexto e a escala. O elemento sobre o qual não há controle do cartógrafo é chamado de *indução*. Este é definido como um processo lógico de dedução ou inferência (ROBINSON et al, 1995). No modelo de Morrison cada um destes elementos é um processo de generalização pelos quais as feições devem passar desde a realidade do cartógrafo até o produto final, a carta em si.

Outro modelo citado por McMaster & Shea (1992) foi desenvolvido por Nickerson e Freeman, em 1986, para ser utilizado em sistemas especialistas para generalização cartográfica. O diferencial deste modelo é o conceito de escala intermediária. Tem-se uma carta em uma escala  $k$ , símbolo de tamanho  $a$  e área  $w \cdot h$  e outra carta é produzida a partir da carta original, em uma escala intermediária. Nesta nova carta, os símbolos apresentam tamanhos maiores,  $ka$ , sendo  $k$  o parâmetro de aumento. Os autores aplicam os seguintes operadores na carta original: deleção, simplificação, combinação e conversão. Na carta derivada da escala intermediária ocorre o deslocamento das feições já generalizadas e a nova localização dos símbolos.

McMaster & Shea (1992) citam o modelo de Brassel e Weibel (1988) como um dos modelos mais detalhados até então e um dos primeiros ter a generalização automatizada como foco. É o primeiro modelo a mencionar que deve ser realizada alguma análise, visual e geométrica, das feições para verificar a necessidade de generalização assim como os motivos deste processo. Estes são listados abaixo:

- Desenvolvimento de um banco de dados primário,
- Utilização de recursos de modo econômico,
- Robustez de dados,
- Derivação de dados e mapas por motivos variados, e
- Otimização da comunicação visual.

Cinco processos de generalização digital são descritos neste modelo: (1) reconhecimento de estrutura, (2) processo de reconhecimento, (3) processo de modelagem, (4) execução do processo e (5) visualização dos dados.

O primeiro processo, *reconhecimento de estrutura*, depende dos objetivos da generalização. Estes são: redução/manutenção da complexidade gráfica, manutenção/padronização da acurácia espacial, manutenção/padronização da acurácia de atributos, manutenção/padronização da qualidade estética e redução/manutenção da hierarquia de atributos (WEIBEL & DUTTON, 1999). Este reconhecimento pode ser definido como a identificação de feições cartográficas ou grupos de feições, relações espaciais e medidas de importância entre feições.

O *processo de reconhecimento* envolve a identificação das transformações e dos parâmetros necessários para a generalização, através da determinação do que deve ser feito no banco de dados original, quais conflitos devem ser identificados e resolvidos, quais objetos e estruturas devem ser mantidos na nova escala. O terceiro processo, *de modelagem*, relaciona-se com regras e procedimentos contidos numa biblioteca digital. A *execução do processo* consiste na aplicação das regras e procedimentos, estabelecidos no processo anterior, no banco de dados original para a criação das feições generalizadas. Por fim, há a exibição dos dados generalizados em uma carta.

Ruas e Plazanet (1996) desenvolveram o primeiro modelo conceitual fundamentado em restrições cartográficas formalizadas. Estes aspectos devem ser

empregados para identificação de conflitos, seleção de operadores e validação das feições generalizadas. A primeira etapa consiste na visualização e análise holística da carta em escala reduzida com a finalidade de detectar problemas de representação. Um cenário específico é escolhido para ser o foco do sistema. Os problemas deste cenário são especificados e as restrições cartográficas referentes a isto são identificadas. Em seguida, os operadores de generalização cartográfica são aplicados por meio de algoritmos. Caso as transformações aplicadas sejam aprovadas, outra situação é escolhida. Do contrário, outros operadores são aplicados. Todas as decisões tomadas durante o processo deste modelo são baseadas nas restrições cartográficas.

Apesar de diversos estudos tentarem definir o processo de generalização e suas etapas, tanto quando feito manual quanto digitalmente, nenhum dos modelos apresentados por McMaster & Shea descrevem situações que indicam que a generalização cartográfica deve ser realizada. Os mesmos autores propõem um modelo conceitual de generalização cartográfica digital com os objetivos, quais operações permitem generalizar e estão disponíveis, e como decidir quando generalizar.

#### 2.3.4. Modelo Conceitual de McMaster & Shea

O modelo conceitual de McMaster & Shea é composto por três elementos: (1) objetivos filosóficos, (2) avaliação cartométrica, (3) transformações espaciais e de atributos. Este modelo aborda situações que podem ser utilizadas como indicativos da necessidade de generalizar, em quais feições o processo deve ser aplicado e como. Por tratar estes aspectos como medidas geométricas é possível formalizá-las para que as decisões referentes a quais objetos generalizar e quais operações sejam feitas de modo automatizado.

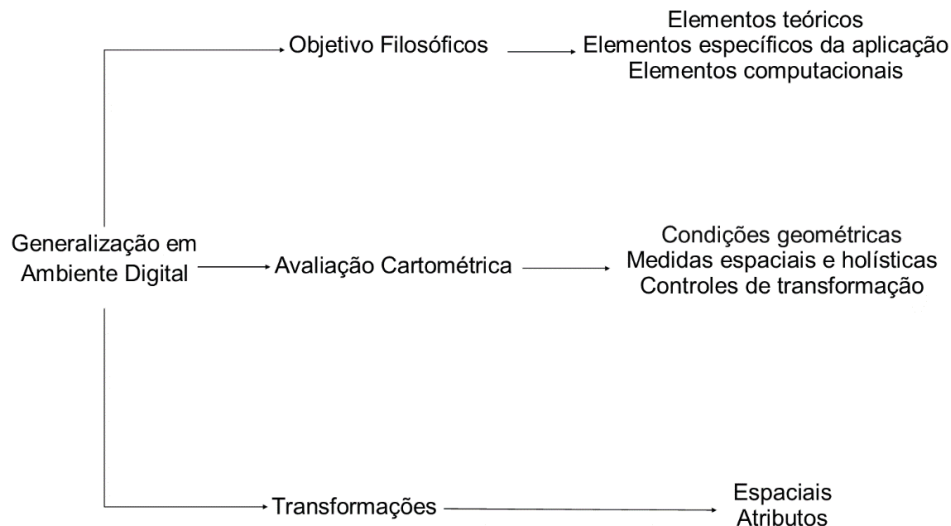
Entre os objetivos da generalização digital são citados a manutenção do processo de comunicação cartográfica, a satisfação das necessidades e requisitos dos usuários, e os requisitos computacionais. A FIGURA 6 apresenta o esquema do modelo conceitual de McMaster & Shea (1992).

Os objetivos filosóficos abordam os motivos essenciais que provocam a realização do processo de generalização em ambiente digital. Estes são: *elementos*



*teóricos*: princípios básicos da cartografia; *elementos específicos da aplicação*: requisitos específicos do problema de generalização considerado, e *elementos computacionais*: exigências e recursos tecnológicos existentes (MCMASTER & SHEA, 1992).

FIGURA 6– MODELO CONCEITUAL DE MCMASTER & SHEA



FONTE: Adaptado de McMaster & Shea (1992).

Do ponto de vista teórico, as transformações referentes aos operadores de generalização são aplicadas para minimizar os efeitos indesejados da redução de escala. Seis elementos teóricos são descritos por McMaster & Shea (1992) para conduzir o processo de generalização: *redução da complexidade*, *manutenção da acurácia espacial*, *da acurácia de atributos*, *da qualidade estética* e *da hierarquia lógica e aplicação de regras consistentes*.

McMaster & Shea (1992) relacionam a *redução da complexidade* com a quantidade e a variedade de elementos gráficos que representam as feições e sua interação com a carta, visto que estes influenciam na eficácia da comunicação cartográfica. A *acurácia espacial* está relacionada ao deslocamento, diferença planimétrica, entre a feição original e a generalizada (MCMASTER & SHEA, 1992). A *manutenção da acurácia de atributos* envolve análise estatística e métodos de classificação. Este aspecto requer mais atenção na generalização de mapas temáticos (MCMASTER & SHEA, 1992). A *manutenção da qualidade* estética de uma carta está relacionada com seu equilíbrio visual e este depende da hierarquia visual das feições, do contraste, e da relação figura/fundo (ROBINSON et al, 1995), ou seja,



da linguagem visual da carta. A hierarquia lógica de uma carta é determinada pelo seu objetivo. Como uma carta topográfica deve apresentar todas as feições visíveis da superfície terrestre, nenhuma é mais relevante do que a outra e a *manutenção da hierarquia lógica* deve respeitar este fator (MCMASTER & SHEA, 1992).

A generalização realizada em ambiente digital não elimina a característica da subjetividade do processo. Os cartógrafos devem determinar exatamente quais algoritmos utilizar, em qual ordem aplicá-los e quais parâmetros são necessários para a realização do processo, através da *aplicação de regras consistentes*. Mesmo diante das avançadas ferramentas de cartografia digital, poucos elementos teóricos podem ser completamente verificados e satisfeitos. Isto ocorre devido a natureza holística das análises necessárias (MCMASTER & SHEA, 1992).

O nível de generalização deve corresponder aos requisitos de visualização da carta derivada. Para isto, três elementos são mencionados por McMaster & Shea (1992) como aspectos específicos da aplicação: *finalidade do mapa e do usuário, escala apropriada e manutenção da clareza gráfica*.

Um mapa é produzido para um determinado *objetivo e usuário*, o que influencia a estrutura geral do mapa e a linguagem visual, seja este mapa impresso ou digital. A generalização cartográfica deve ser realizada considerando o público alvo e suas necessidades (MCMASTER & SHEA, 1992). A escala é o elemento do mapa que determina a quantidade, o nível de detalhamento e o tipo de informação que será mantida após a generalização e o mapa derivado deve ter uma *escala apropriada* para corresponder ao objetivo do mapa e ao usuário (MCMASTER & SHEA, 1992). A *manutenção da clareza gráfica* refere-se à legibilidade de uma carta (MCMASTER & SHEA, 1992). No processo manual, a determinação do nível de detalhamento para uma dada escala e o grau de legibilidade na representação são fatores desconhecidos. A cartografia digital disponibiliza diversas ferramentas para a realização destas operações, no entanto, estas apenas substituem o cartógrafo McMaster & Shea, 1992).

Como a generalização passou a ser realizada em ambiente digital, os seguintes elementos computacionais devem ser considerados: *custo efetivo dos algoritmos, redução máxima de dados e necessidade de memória*.

O *custo efetivo dos algoritmos* está relacionado à decisão de qual utilizar, a qual deve ser baseada na qualidade que prevista da carta generalizada e isto tem relação com o tempo de processamento do algoritmo, o objetivo da carta, a escala e

os padrões de acurácia. (MCMASTER & SHEA, 1992). A *redução máxima de dados* armazenados é impulsionada pela escala final da carta ou pelo modo de visualização, a resolução gráfica do monitor e o objetivo da carta. Tal redução pode ser alcançada através da redução da quantidade de coordenadas necessárias para representar as feições e quantidade de informações da estrutura de dados, tornando-a mais compacta. (MCMASTER & SHEA, 1992). A *necessidade de memória* está vinculada às feições e ao espaço necessário para o seu armazenamento, assim como à memória virtual suficiente para o arquivamento de arquivos temporários, e aos algoritmos utilizados, os quais dependem dos limites impostos pela memória e pela velocidade de processamento do sistema computacional (MCMASTER & SHEA, 1992; STOTER, 2005).

As pesquisas em generalização cartográfica, na sua maioria, são desenvolvidas com consideração a estes elementos, principalmente com foco na redução de dados, memória e armazenamento. Porém, ainda se faz necessário pesquisas que associe estas ações, o conhecimento tradicional, com aspectos perceptíveis e cognitivos. Do contrário, o cartógrafo terá algoritmos que são processados rapidamente e que reduzem de modo notável os dados, mas a carta generalizada não é reconhecida como a área representada na carta original ou não satisfaz os objetivos (BRASSEL e WEIBEL, 1988; BUTTENFIELD e MCMASTER; MCMASTER & SHEA, 1992; JOÃO, 1998).

#### 2.3.4.1. Avaliação cartométrica

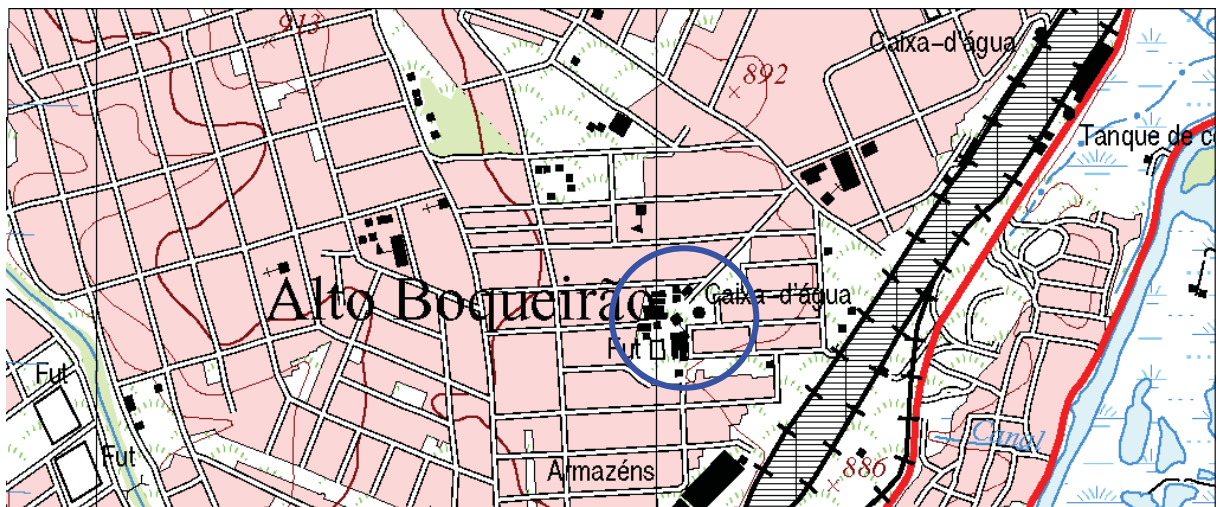
Quando uma carta reduzida em escala falha em satisfazer os objetivos previsto no início de sua produção, inclusive a manutenção da comunicação cartográfica, o processo de generalização cartográfica digital deve ser aplicado (MCMASTER & SHEA, 1992). Três aspectos devem ser considerados para realizar a generalização: condições geométricas, medidas espaciais e holísticas e controles de transformação.

As condições geométricas mencionadas pelos autores são: *congestionamento, coalescência, conflito, complicação, inconsistência e imperceptibilidade*.

A quantidade de feições é alterada quando a escala de uma carta é reduzida,

porém o espaço físico reservado para a representação não sofre mudança alguma. A carta derivada apresentará aglomeração de informações, originada pela alta densidade de feições. Esta situação é denominada de *congestionamento* por McMaster & Shea (1992). Na FIGURA 7, recorte da carta topográfica São José dos Pinhais – NO (MI-2857-2-NO), escala 1:25.000, se observa a superlotação de edificações e toponímias.

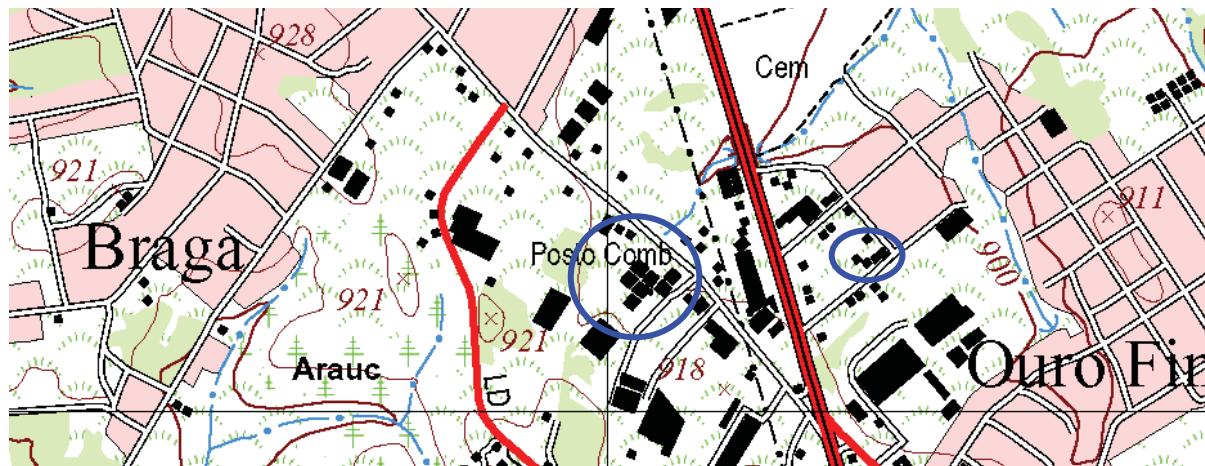
FIGURA 7 – EXEMPLO DE CONGESTIONAMENTO



FONTE: A autora (2019).

Além da alta densidade de dados, a redução de escala também tem como resultado a aproximação excessiva e a sobreposição, total ou parcial, de feições. Esta condição é designada de *coalescência* e é dependente da percepção visual. Caso a distância entre as feições esteja abaixo do valor mínimo perceptível aos olhos humanos, quando se tratar de uma carta impressa, ou abaixo da resolução do sistema computacional em que a carta será visualizada, o usuário pode ter a impressão de que as feições se ‘tocam’. (MCMASTER & SHEA, 1992). A FIGURA 8, um recorte da carta de São José dos Pinhais-NO (MI-2857-2-NO), na escala 1:25.000, apresenta um exemplo desta condição com relação às edificações em duas áreas da carta. O usuário pode ter dificuldade em visualizar as feições como edificações únicas e, por isso, interpretar a representação como um bloco de edificações.

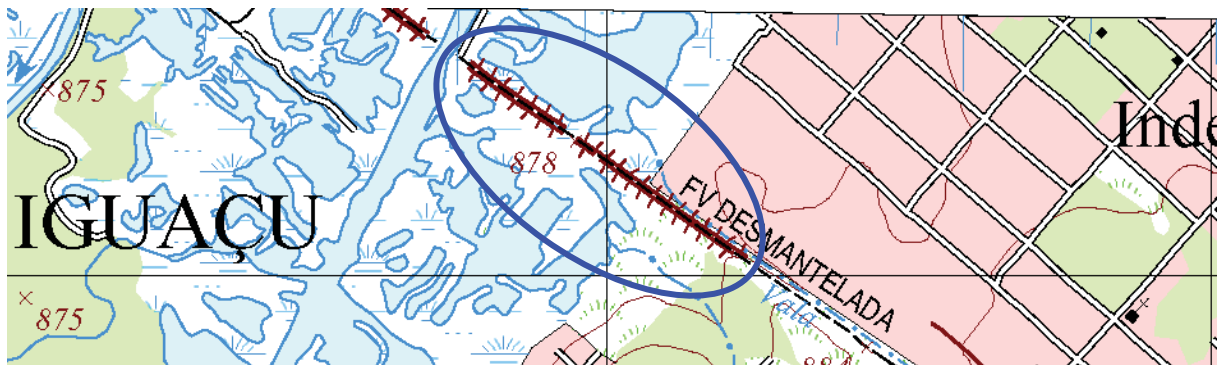
FIGURA 8— EXEMPLO DE COALESCÊNCIA



FONTE: A autora (2019).

O *conflito* ocorre quando a representação de uma feição está em conflito lógico com o fundo da carta. Por exemplo, dada duas feições com uma relação lógica entre si: linear e de área, como uma rodovia sobre uma ponte, ligando duas cidades, o conflito se daria caso fosse necessário eliminar o rio que passa por baixo desta ponte. Tanto essa feição quanto a rodovia iriam passar sob um rio não existente. Esta condição geométrica pode ser resolvida com uma nova simbologia ou com a aplicação dos operadores de deslocamento ou eliminação (MCMASTER & SHEA, 1992). A FIGURA 9, um recorte da carta topográfica MI-2857-2-NO, escala 1:25.000, apresenta uma situação que exemplifica a condição de conflito. A representação de uma ferrovia desmantelada se dá sobre a linha distribuidora de energia. Esta sobreposição de feições prejudica a comunicação cartográfica, interferindo na leitura da carta.

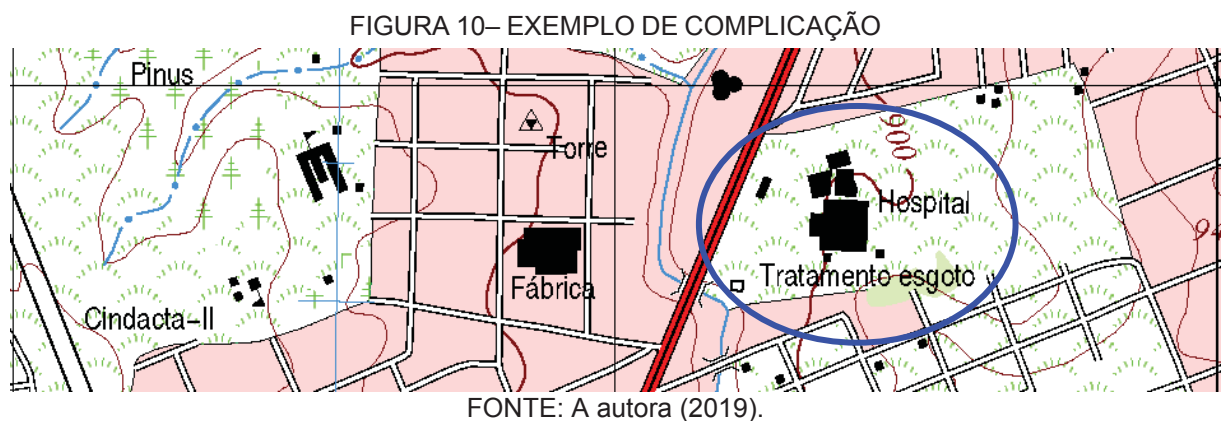
FIGURA 9 – EXEMPLO DE CONFLITO



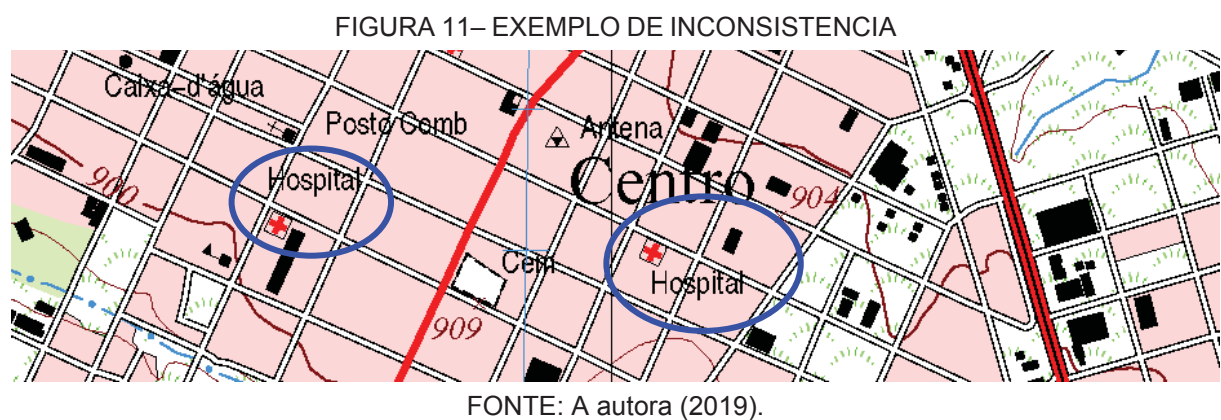
Fonte: A autora (2019).

A *complicação* é causada pela ambiguidade na aplicação dos algoritmos referentes aos operadores de generalização. Este processo depende de alguns

fatores como: complexidade dos dados, temporalidade, seleção das técnicas de iteração e seleção dos parâmetros (MCMASTER & SHEA, 1992). Caso a generalização digital seja aplicada por um sistema especialista iterativo, esta condição pode ocorrer caso diferentes valores para os parâmetros gráficos sejam determinados para cada feição. Na FIGURA 10, um recorte da carta topográfica Pinhais (MI-2842-4-SO), escala 1:25.000, pode-se observar a presença da complicação na visualização da edificação de 'Hospital', pois a simbologia padrão não foi empregada.



A aplicação dos operadores de generalização de um modo não uniforme pode originar a condição de *inconsistência* (MCMASTER & SHEA, 1992). Esta condição é ilustrada pela FIGURA 11, recorte da carta topográfica São José dos Pinhais-NO (MI-2857-2-NO), escala 1:25.000. A decisão da localização da toponímia, em relação à feição, que indica a edificação 'Hospital' não foi uniforme.

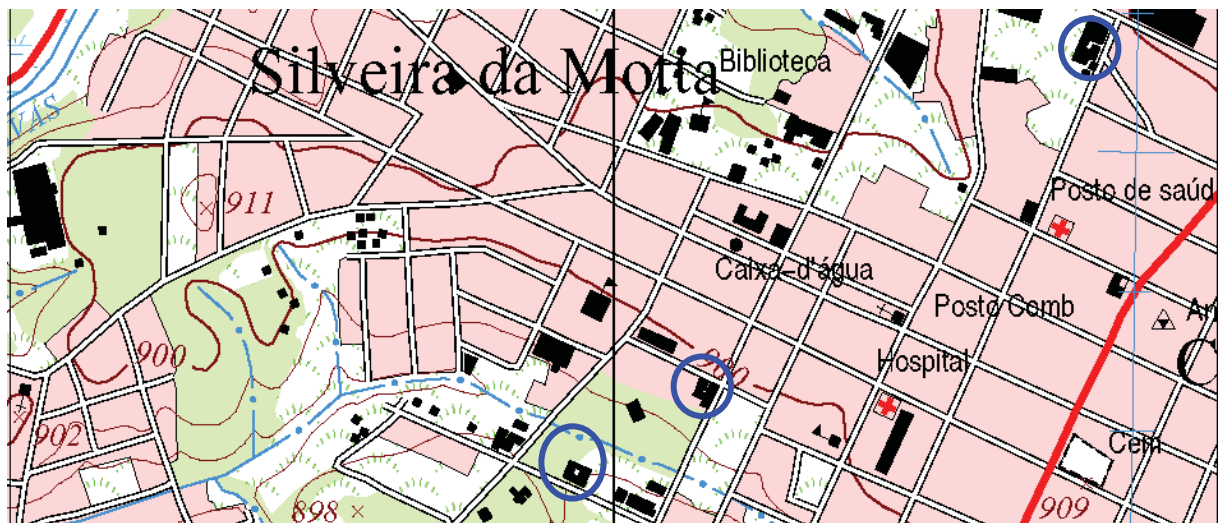


Com a redução da escala, os símbolos também são reduzidos e podem apresentar dimensões menores do que o tamanho mínimo perceptível ao olho humano. Para solucionar este problema, pode-se eliminar, realçar ou exagerar a



feição (MCMASTER & SHEA, 1992). McMaster & Shea (1992) declaram que a *imperceptibilidade* é uma das condições mais dominantes do processo de generalização. Na FIGURA 12, um recorte da carta topográfica de São José dos Pinhais-NO (MI-2857-2-NO), na escala 1:25.000, as edificações destacadas apresentam detalhes da sua representação que pode estar representados abaixo do tamanho mínimo perceptível.

FIGURA 12 – EXEMPLO DE IMPERCEPTIBILIDADE



FONTE: A autora (2019)

A detecção de uma (ou mais) das condições geométricas mencionadas acima é um indicativo de que a generalização deve ser feita para minimizar os efeitos da redução de escala. No entanto, assim como todo o processo de generalização, a detecção de tais condições geométricas é subjetiva. A dificuldade da avaliação cartométrica inclui também o estabelecimento de valores para a determinação destas condições (MCMASTER & SHEA, 1992).

De acordo com McMaster & Shea (1992) medidas podem ser realizadas nas cartas original e generalizada para determinar a presença das condições geométricas. As medidas espaciais e holísticas são utilizadas como indicadores da geometria de objetos individuais e servem como base para a avaliação das relações espaciais entre as feições.

As medidas espaciais e holísticas podem ser realizadas em uma feição individual, duas feições independentes, além serem medidas que analisam o relacionamento de um grupo de feições. As medidas listadas por McMaster & Shea (1992) são: *densidade, distribuição, comprimento e sinuosidade, forma, distância,*

### *Gestalt e abstratas.*

Medidas de *densidade* incluem a quantidade de feições pontuais, lineares ou de área por unidade de área, densidade média destes objetos. São usadas para avaliar relacionamentos entre feições (MCMASTER & SHEA, 1992). *Medidas da distribuição* permitem uma avaliação da distribuição total do mapa e compreendem valores de dispersão, aleatoriedade e agrupamento, para feições pontuais. As feições lineares são avaliadas pela sua complexidade e de feições de área podem ser obtidas medidas de distâncias até uma determinada feição ou ponto de interesse (MCMASTER & SHEA, 1992). *Comprimento e sinuosidade* são medidas que podem ser aplicadas somente em feições lineares e de áreas (seus limites) individuais. Entre as medidas de comprimento pode-se citar: número total de coordenadas, comprimento total e número médio de coordenadas ou desvio-padrão das coordenadas por unidade. Com relação à medida de sinuosidade estas são: mudança angular total, variação angular média por ângulo, somatório dos ângulos (MCMASTER & SHEA, 1992).

A *forma* pode ser utilizada para determinar se uma feição de área pode ser representada em outra escala ainda como área (MCMASTER & SHEA, 1992). Pesquisas recentes empregam esta medida para criar grupos de edificações similares e, deste modo, configurá-las como áreas edificadas. Os elementos usados para se obter este tipo de medida são a geometria das feições pontuais, lineares ou de área, o perímetro das feições de área, o centroide das feições lineares ou de área, a variação nas coordenadas X e Y das feições de área (BACHI, 1973 citado por MCMASTER & SHEA, 1992). As medidas de *distância* podem ser efetuadas entre todos os tipos de feições (pontuais, lineares e de área). A recomendação é utilizar a menor medida perpendicular ou medida euclidiana entre cada feição. A ferramenta *buffer*, presente em muitos *softwares*, pode ser empregada para se obter distâncias entre as feições. Tais valores podem indicar se as feições ou seus respectivos *buffers* estarão em conflito (condição geométrica) com a redução de escala (MCMASTER & SHEA, 1992).

As *medidas de Gestalt* auxiliam na avaliação de características perceptíveis das distribuições das feições através dos relacionamentos que existem entre a percepção visual e a comunicação (MCMASTER & SHEA, 1992). A Teoria da Gestalt afirma que a primeira sensação é a de forma, global e unificada. Feições isoladas não são vistas, mas sim as relações entre estas feições. Ou seja, os mapas são vistos



como um todo, por isso o efeito visual sobre seu conjunto é superior e mais importante que feições individuais (JESUS et al, 2012). Entre as medidas deste tipo pode-se citar a similaridade, feições similares tendem a se agrupar, segundo a cor, proximidade e textura, por exemplo. Outra medida de Gestalt é a relação símbolo/fundo, quando os símbolos são vistos contra o fundo da carta topográfica, destacando sua importância.

As medidas *abstratas* avaliam a natureza conceitual das distribuições espaciais. Complexidade, homogeneidade, simetria e repetição são exemplos de medidas abstratas (MCMASTER & SHEA, 1992).

Muitas das medidas mencionadas acima podem ser desenvolvidas como algoritmos e algumas estão disponíveis como ferramentas de análise espacial em *softwares* de cartografia digital. No entanto, as medidas da Gestalt e abstratas não são facilmente formalizadas (MCMASTER & SHEA, 1992). Por exemplo, como definir e caracterizar o elemento similaridade matematicamente? Pesquisas nas duas décadas fazem uso das medidas espaciais de densidade, distribuição, forma (STOTER et al, 2009), e das medidas da Gestalt, como proximidade, similaridade, orientação (REGNAULD, 2001; LI et al, 2004).

Os controles de transformação se referem a seleção: dos *operadores* de generalização que reestabelecem os padrões de visibilidade e legibilidade, dos *algoritmos* utilizados para aplicar os operadores e dos *parâmetros de aplicação* necessários para minimizar ou evitar os problemas de representação para a escala desejada (MCMASTER & SHEA, 1992).

Para a definição de quais *operadores* devem ser aplicados alguns fatores devem ser considerados. Por exemplo: a importância das feições individuais, o objetivo da carta e do usuário, a complexidade das relações entre as feições, a presença e a influência da representação desordenada da carta. Também é necessário avaliar a necessidade de variar o tipo e a quantidade de operadores, a ordem de aplicação dos operadores da generalização em diferentes feições e a disponibilidade e robustez dos operadores e dos seus algoritmos (MCMASTER & SHEA, 1992).

Os *algoritmos* de generalização digital devem ser modelados, testados e avaliados com relação aos requisitos de generalização. Os algoritmos devem ser definidos com base nos seguintes fatores: resultado esperado pelo usuário, equipamentos disponíveis, processamento e a acurácia (MCMASTER & SHEA, 1992). A *definição dos parâmetros*, ou dos valores de tolerância, tem uma influência maior

nos resultados finais do que a escolha dos operadores e dos algoritmos. Assim como os algoritmos, os parâmetros afetam a localização e, principalmente, a representação das feições na escala reduzida (MCMASTER & SHEA, 1992).

#### 2.3.4.2. Transformações Espaciais e de Atributos

As transformações espaciais e de atributos descrevem os operadores de generalização que modificam os dados digitais e podem ser espaciais ou de atributos. Seu desenvolvimento é baseado em ações realizadas manualmente e em técnicas matemáticas (MCMASTER & SHEA, 1992).

Assim como Robinson et al (1995), McMaster & Shea (1992) afirmam que a seleção não é um operador e sim uma etapa pré generalização. A redução de escala de uma representação cartográfica pode ocasionar a seleção de quais feições devem ser representadas nessa escala menor, antes de qualquer procedimento relacionado à generalização. Outros autores definem esta ação de *eliminação* e a consideram como um operador do processo. A generalização geográfica (transformação espacial) está relacionada a operações geométricas, enquanto a generalização estatística (transformações de atributos), implica em alteração na classificação ou simbologia (MCMASTER & SHEA, 1992).

McMaster & Shea definem dez operadores de transformações espaciais para feições vetoriais: *simplificação*, *suavização*, *agregação*, *amalgamação*, *união*, *colapso*, *refinamento*, *exagero*, *realce* e *deslocamento*.

A *simplificação* consiste na eliminação de pontos baseada na avaliação de sua importância para a manutenção das características ou da forma descritivas de feições (MCMASTER & SHEA, 1992). A *suavização* atua em pontos individuais, deslocando-os para remover pequenas perturbações e manter somente as tendências mais importantes da linha (MCMASTER & SHEA, 1992). O operador de *agregação* consiste na reunião de feições pontuais próximas em uma área contínua quando o número ou a densidade de pontos não permite a representação individual das feições (MCMASTER & SHEA, 1992). A *amalgamação* se refere à reunião de polígonos, eliminando seus limites e preservando a característica geral de representação de uma região (MCMASTER & SHEA, 1992). O operador de *união* une duas ou mais feições lineares paralelas pouco espaçadas, pois não é possível representar as características das feições individuais (MCMASTER & SHEA, 1992).

*Colapso* é um operador de mudança dimensional, aplicado em feições de áreas para serem representadas como feições pontuais ou lineares (MCMASTER & SHEA, 1992). O *refinamento* consiste na redução de detalhes excessivos ou muito pequenos para serem legíveis, sem perder as características da feição (MCMASTER & SHEA, 1992). O operador de *exagero* aumenta o tamanho da representação de uma feição quando esta é imprescindível para a compreensão da carta e a redução de escala a torna imperceptível (MCMASTER & SHEA, 1992). O *realce* refere-se à mudança na simbologia e não altera a dimensão espacial da feição. Deve ser aplicado para alcançar a representação da simbologia associada (MCMASTER & SHEA, 1992). O operador de *deslocamento* deve ser aplicado quando duas ou mais feições estão muito próximas entre si ou até sobrepostas, para que seja possível visualizar as feições individuais (MCMASTER & SHEA, 1992).

As transformações de atributos são *classificação* e *simbolização*, e se referem à manipulação de características secundárias.

A *classificação* se refere à ação de agrupar as feições em classes que tenham as mesmas características baseado, usualmente, na proximidade entre elas (MCMASTER & SHEA, 1992). O operador de *simbolização* consiste na operação de modificar o nível de medida ou alterar o tipo de dado. Pode ser resultado de uma nova classificação (MCMASTER & SHEA, 1992).

#### 2.3.5. Abordagens para Automatização do Processo de Generalização Cartográfica

A generalização cartográfica é um processo holístico e pode ser dividido em diversas etapas (HARRIE e WEIBEL, 2007). A detecção dos problemas de representação e a sua solução são etapas que devem estar integradas, pois a resolução de um problema pode originar outros. A solução de um conflito ainda deve considerar a importância de cada feição e as ferramentas disponíveis para realizar a generalização (POMBO, 2014). A modelagem desse processo indica como abordar os problemas de representação e quando usar, acionar e controlar os algoritmos de generalização.

As pesquisas em automatização resultaram em diferentes tipos de abordagens (SAVINO, 2011). Os primeiros *softwares* de cartografia digital dispunham de ferramentas para solução de problemas simples, como simplificação de linhas. Os primeiros sistemas de generalização, desenvolvidos entre 1960 e 1980 consistiam em

um processamento em lote (*batch processing*) (HARRIE e WEIBEL, 2007; SAVINO, 2011). Neste tipo de processamento, a sequência dos algoritmos de generalização, os dados de entrada e os parâmetros de controle desses algoritmos eram definidos previamente. Não havia possibilidade de interação com o sistema e para realizar qualquer alteração era necessário repetir o processo.

Com o avanço da tecnologia, abordagens mais sofisticadas, com consideração de interface gráfica e inteligência artificial, foram possíveis. O QUADRO 7 apresenta três abordagens para modelar o processo de generalização, suas características, resultados esperados e desvantagens, segundo Harrie e Weibel (2007) e Savino (2011).

QUADRO 7 - ABORDAGENS PARA MODELAR O PROCESSO DE GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA

Abordagem	Características	Resultado	Desvantagem
Condição-ação	Condição – regras (1ª etapa) Ação - operadores - execução (2ª etapa)	Carta generalizada com base nas condições	Impossível escrever regras para todas as situações
			Inflexível
Inteligência amplificada	Processos divididos entre computador e humano	Carta generalizada de acordo com o conhecimento do usuário	Dependente do usuário
			Algoritmos para feições individuais
Baseada em restrições	Restrições – peso (1ª etapa) Operadores - execução (2ª etapa)	Carta generalizada satisfaz maioria das restrições	Definição e medição das restrições
			Seleção e controle dos algoritmos

FONTE: Adaptado de Harrie e Weibel (2007) e Savino (2011)

A abordagem condição-ação é baseada em regras, armazenadas em uma base de regras de um sistema especialista. Cada regra está relacionada a uma ou mais ações e sujeita a uma condição avaliada com base no reconhecimento estrutural que o sistema realiza das feições presentes em uma carta topográfica. O reconhecimento estrutural somado às regras provoca uma ação, ou, uma transformação de generalização (SAVINO, 2011). Pode-se afirmar que uma condição corresponde a um problema de representação. Por exemplo, o problema de visibilidade pode ser caracterizado por uma edificação representada com tamanho abaixo do mínimo visível. Um exemplo de condição - ação é apresentado abaixo.

*Se (feição = = edificação e area.feição < 16 m<sup>2</sup>)  
então, edificação deve ser eliminada*

Quando a condição está relacionada a uma feição individual, sua formalização é considerada simples. No entanto, quando um grupo de feições é analisado, a formalização deste conhecimento em regras é complexa (HARRIE e WEIBEL, 2007). Esta abordagem apresenta limitações, como a formalização de regras que possam definir o conjunto ‘condição-ação’. Outro problema desta abordagem é que em uma carta reduzida podem existir  $n$  problemas de representação, principalmente quando grupos de feição são analisados. A classificação de todos os relacionamentos que podem existir entre feições e a definição de todos os operadores de generalização possíveis para cada classe é uma tarefa considerada impraticável (HARRIE e WEIBEL, 2007). Além disso, um problema de representação pode ser resolvido com determinado algoritmo. Porém, a aplicação do mesmo algoritmo pode resultar em outros problemas. Um sistema especialista não prevê a solução de um problema criado pelo próprio sistema.

A inteligência amplificada é um tipo de abordagem com interação humana. Devido à dificuldade de obter e de formalizar o conhecimento da generalização, a automatização do processo não estava em foco nas pesquisas no início de 1990 (SAVINO, 2011). Assim, surgiu uma abordagem interativa, dividida entre computador e humanos. O sistema computacional é responsável por partes do processo que podem ser realizadas por algoritmos e o usuário tem responsabilidade de guiar e controlar o computador, pois pode visualizar o processo e os problemas de representação de modo holístico (HARRIE e WEIBEL, 2007). Assim, a inteligência humana é ampliada pelo poder de processamento do computador, e a capacidade de decisão, de percepção e de avaliação do resultado da generalização do computador é ampliada pela inteligência humana.

Sistemas de generalização baseado nesta modelagem foram desenvolvidos, como MGE *MapGeneralizer* e LAMPS2 *Generaliser*. Estes dois ofereciam uma variedade de algoritmos para realização das transformações espaciais da generalização. Porém, tais operações eram aplicadas em feições individuais e controladas pelo usuário. A dependência das habilidades e da experiência humana para o uso desses sistemas é considerada uma desvantagem por Harrie e Weibel

(2007). Ruas (2001) ainda afirma que tais sistemas não reduzem o tempo de processamento e os recursos, assim não são considerados sistemas eficientes.

Um sistema de generalização baseado na abordagem ‘condição-ação’ ou na inteligência amplificada tem como objetivo orientar a aplicação dos algoritmos, como o processo deve ser realizado. Na abordagem baseada em restrições, o foco está no resultado do processo, o que deve ser alcançado (SAVINO, 2011). Como exemplo, em uma carta topográfica em escala reduzida as feições de edificações com área maior que 80m<sup>2</sup> devem ser representados por símbolos pontuais, edificações com área menor que 16 m<sup>2</sup> e rodovias sem pavimentação não devem ser representadas. Tais restrições são similares as regras da modelagem ‘condição-ação’, porém, enquanto as regras expressam o que o sistema deve realizar para alcançar determinado resultado, as restrições salientam quais resultados devem ser alcançados (HARRIE e WEIBEL, 2007). Para cada restrição há um conjunto de condições e sua solução é mais flexível, pois não há uma ação condicionada a ela. Na abordagem ‘condição-ação’ para cada condição existe um operador de generalização, uma única ação prevista.

Como exemplo de sistemas baseados em restrições pode-se citar três técnicas: agentes, otimização combinatória e otimização contínua. O objetivo destas técnicas é produzir uma carta generalizada com o maior número possível de restrições respeitadas. A primeira etapa consiste em estabelecer uma lista de restrições e quantificá-las de acordo com sua importância, em seguida o sistema avalia qual e quantas restrições são satisfeitas pela carta com escala reduzida. Após isto, o sistema realiza as transformações nas feições que violam as restrições (SAVINO, 2011). Isto é feito até que a maior quantidade de restrições possível seja atendida.

Sistema baseado em agentes é a abordagem mais versátil das técnicas baseadas em restrições (HARRIE e WEIBEL, 2007). Pode-se modelar um conjunto de operadores e este conjunto pode ser adaptado para qualquer tipo de restrição. Nesta técnica, cada feição pode ser modelada como um agente ativo e autônomo, que tem metas para alcançar e são flexíveis, interativos, podem aprender a usar diferentes estratégias para resolver o mesmo problema, podem tomar decisões e se comunicar com outros agentes (SAVINO, 2011). Por exemplo, caso uma edificação seja modelada como um agente pode ter como metas: tamanho mínimo para manter a visibilidade e posição. Caso o valor mínimo para área, 16m<sup>2</sup>, não seja alcançado, o agente precisa de um plano para acionar o operador de generalização para melhorar

a situação. Há possibilidade de eliminação ou exagero da feição. O operador de exagero pode resultar em uma sobreposição com feições vizinhas, então a solução deve ser sua eliminação.

Harrie e Weibel (2007) descrevem um sistema baseado em multi-agentes: micro e meso. Os agentes do tipo micro são responsáveis pela própria avaliação, sem considerar o contexto espacial. Meso agentes são encarregados de um grupo de micro-agentes e podem analisar o contexto espacial relacionado a este grupo (HARRIE e WEIBEL, 2007). A edificação, já mencionada, é um exemplo de micro-agente. Quadras (nas quais estão presentes diversas edificações) de uma cidade são meso-agentes. Um sistema baseado em agentes é iterativo, pois uma vez ativado, o agente analisa as restrições em busca de violações, investiga soluções para os problemas de representação, até que todas as restrições tenham sido analisadas e a melhor solução foi encontrada (HARRIE e WEIBEL, 2007). Para cada restrição, que pode ser considerada um problema de representação a ser evitado, estratégias são investigadas até que todos os problemas tenham sido solucionados ou até que não existam outras soluções. A FIGURA 13 ilustra o ciclo de vida de um agente. As vantagens de um sistema baseado em agentes são: sua flexibilidade, pois analisa tanto feições individuais quanto grupos de feições, qualquer algoritmo de generalização pode ser integrado no sistema e permite avaliação do resultado. Por isso, pode ser aplicado em diversas situações, como áreas urbanas, áreas rurais e rede viária (HARRIE e WEIBEL, 2007).

Devido a sua versatilidade, muitas agências de mapeamento utilizam sistemas baseados em agentes para produzir produtos em diversas escalas e meios de visualização (impresso e digital). A empresa 1Spatial oferece soluções para generalização, como sistemas baseados em agentes, e colabora com as agências de mapeamento da Dinamarca, Bélgica, França e Grã-Bretanha (REGNAULD et al., 2012). Entre as aplicações da 1Spatial está a *Radius Clarity*. Neste *software* a generalização é realizada de modo automático por meio de agentes. As feições trabalham em conjunto, analisam estratégias para a melhor solução local e selecionam as soluções que apresentam a melhor qualidade para toda a base de dados (REGNAULD et al., 2012).





O *Institut Cartogràfic de Catalunya* (ICC) produz cartas topográficas nas escalas 1:10.000 e 1:25.000, derivadas do banco de dados na escala 1:5.000, e as cartas na escala 1:100.000 são derivadas das cartas topográficas na escala 1:50.000, por generalização semi-automatizada (SAVINO, 2011; BAELLA et al., 2015). As feições e a toponímia são generalizadas em meio digital, em *softwares* comerciais e com auxílio de ferramentas desenvolvidos pelo próprio ICC (DUCHÊNE et al., 2014). A generalização de edificações é realizada no *software* CHANGE, produzido pela Universidade de Hannover, e que faz uso do processamento em lote (JOÃO, 1998; DUCHÊNE, et al., 2014).

O IGN da França tem tradição na pesquisa em generalização cartográfica. O resultado do projeto Carto2001 foram cartas topográficas na escala 1:100.000 produzidas a partir da generalização automatizada dos dados na escala 1:50.000. O projeto *New Map Base* produziu cartas topográficas generalizadas na escala 1:25.000 e 1:50.000 a partir do banco de dados na escala 1:5.000 (SAVINO, 2011). Algoritmos foram desenvolvidos para generalização automática de rede viárias quando há coalescência e sobreposição de feições. A colocação automática de toponímias é realizada de modo automático por um *software* desenvolvido totalmente no próprio IGN.

A agência de mapeamento nacional da Holanda, *Kadaster NL*, desenvolveu uma metodologia para produzir por generalização automatizada cartas topográficas na escala 1:50.000 a partir da escala 1:10.000. A implementação integrou ferramentas do ArcGIS, algoritmos desenvolvidos por profissionais da própria agência na linguagem Python e ferramentas da plataforma *Feature Manipulation Engine* (FME). O sistema completo de generalização é implementado no aplicativo do ArcGIS, ModelBuilder, e consiste em três modelos principais, e 200 sub-modelos. Cada sub-modelo é responsável por um problema de representação que deve ser resolvido durante a aplicação do sistema (DUCHÊNE et al., 2014). Segundo Stoter et al.(2014) o sistema é baseado em restrições, as quais são tratadas como especificações que o processo deve abordar para produzir uma carta generalizada.

Os produtos cartográficos da *Swisstopo*, agência de mapeamento da Suíça, são generalizados com base em restrições. A empresa axpand fornece soluções para produção e atualização automática de cartas topográficas e a *Swisstopo* usa o *software* SysDab para realizar o processo (DUCHÊNE et al, 2014). Segundo Mathur (2013) o processo é composto por:

- Zonas de generalização: cada zona tem seu conjunto de restrições e sequência de ações;
- Sequência de ações: ações definidas em série, como ‘tarefas’;
- ‘Tarefas’: combinação de operadores;
- Topologia: definida de acordo com as ‘tarefas’ de generalização e mantidas pelos operadores;
- Operadores: combinação lógica de algoritmos que realiza as transformações de generalização com base nas restrições, e
  - Restrições: definidas no dicionário de dados e analisadas pelos operadores durante a sequência de ações.

Vetter (2014) desenvolveu um sistema para generalização automática para feições de edificações residenciais representadas em cartas topográficas na escala 1:50.000, derivadas de cartas na escala 1:25.000 da série *National Map* da Suíça. O sistema é baseado em restrições e foi desenvolvido no *ModelBuilder* com as ferramentas de generalização disponíveis no ArcGIS.

O Comando Geral de Mapeamento, HKG, da Turquia, produz cartas topográficas generalizadas, em um processo semi-automático, nas escalas 1:50.000 e 1:100.000, a partir da escala 1:25.000. O sistema de generalização é desenvolvido no ArcGIS e utiliza uma combinação de abordagens: processamento *batch*, modelagem ‘condição-ação’ e intervenção humana (SAVINO, 2011).

O sistema desenvolvido por SAVINO (2011) e aplicado no projeto CARGEN (*Cartographic Generalization*), na Itália, aplica a generalização nas feições das cartas topográficas na escala 1:25.000, derivada da escala 1:5.000. O sistema foi desenvolvido totalmente pela equipe do projeto e não utiliza nenhum *software* comercial. A modelagem é baseada em regras e cada etapa do projeto consiste em uma sequência de ações. Cada sequência aplica a generalização em um tipo de dado. Por isso, há uma ordem de operadores pré-definida. O resultado de uma etapa pode ser utilizado na etapa seguinte (SAVINO, 2011).

O QUADRO 8 apresenta as abordagens de automatização da generalização existentes segundo sua utilização pelas agências de mapeamento.

QUADRO 8 – ABORDAGENS DE AUTOMATIZAÇÃO DA GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA  
SEGUNDO AGÊNCIAS DE MAPEAMENTO NACIONAIS

Agência de mapeamento/Projeto	Abordagem	Software
<i>Ordnance Survey</i> (Grã-Bretanha)	Agentes	Radius Claity, Radius Studio, LAMPS2, ArcGIS,
ICC (Catalunha, Espanha)	Regras	CHANGE Algoritmos próprios
IGN (França)	Agentes	Radius Clarity, LAMPS2, AGENT WinPat (desenvolvimento próprio)
<i>Kadaster NL</i> (Holanda)	Restrições	ArcGIS, ModelBuilder
HKG (Turquia)	Condição-ação Manual	ArcGIS, ModelBuilder
<i>Swisstopo</i>	Restrições	SysDab
CARGEN (Itália)	Regras	Desenvolvimento próprio

FONTE: Adaptado de Augustyn (2016).

A utilização de agentes em sistemas baseados em restrições é considerada a abordagem mais avançada e promissora. Pelo fato de ser uma técnica flexível e com a possibilidade de lidar com várias restrições ao mesmo tempo, é considerada um sistema holístico. No entanto, Savino (2011) afirma que não existe solução inovadora para realizar a generalização de modo automatizado. O autor ainda diz que o processo de generalização precisa ser personalizado com base nas especificações e nos dados de origem, e que a intervenção humana ainda se faz necessária. A definição de como abordar a automatização do processo de generalização requer que o cartógrafo tenha conhecimento da natureza dos métodos disponíveis e um sólido conhecimento da situação da carta topográfica que demanda generalização (HARRIE e WEIBEL, 2007).

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. MATERIAIS

Neste trabalho foi utilizada a base cartográfica digital do município de São José dos Pinhais, disponibilizada pela Prefeitura Municipal, e os seguintes *softwares*:

- QGIS 2.18,
- Notepad++,
- QtDesigner.

O QGIS é um *software* livre para SIG que possibilita o desenvolvimento de rotinas de programação. O usuário pode desenvolver ferramentas próprias e, assim, melhorar as funcionalidades do QGIS em ambientes exteriores ao *software*. Para tal, são necessários os *softwares* Notepad++, para a edição dos algoritmos e o QtDesigner, utilizado para o desenvolvimento da interface gráfica humano-computador. Estes dois últimos *softwares* estão conectados, ou seja, quando uma alteração na interface gráfica do *plugin* é realizada e salva no editor, a rotina escrita no Notepad++ é atualizada automaticamente.

A base cartográfica apresenta as seguintes características: sistema geodésico de referência – SAD69, projeção cartográfica – UTM fuso 22S, escala 1:2.000, datada do ano de 2000. Esta base foi elaborada a partir da restituição aerofotogramétrica na escala 1:2.000, de fotografias aéreas na escala 1:8.000.

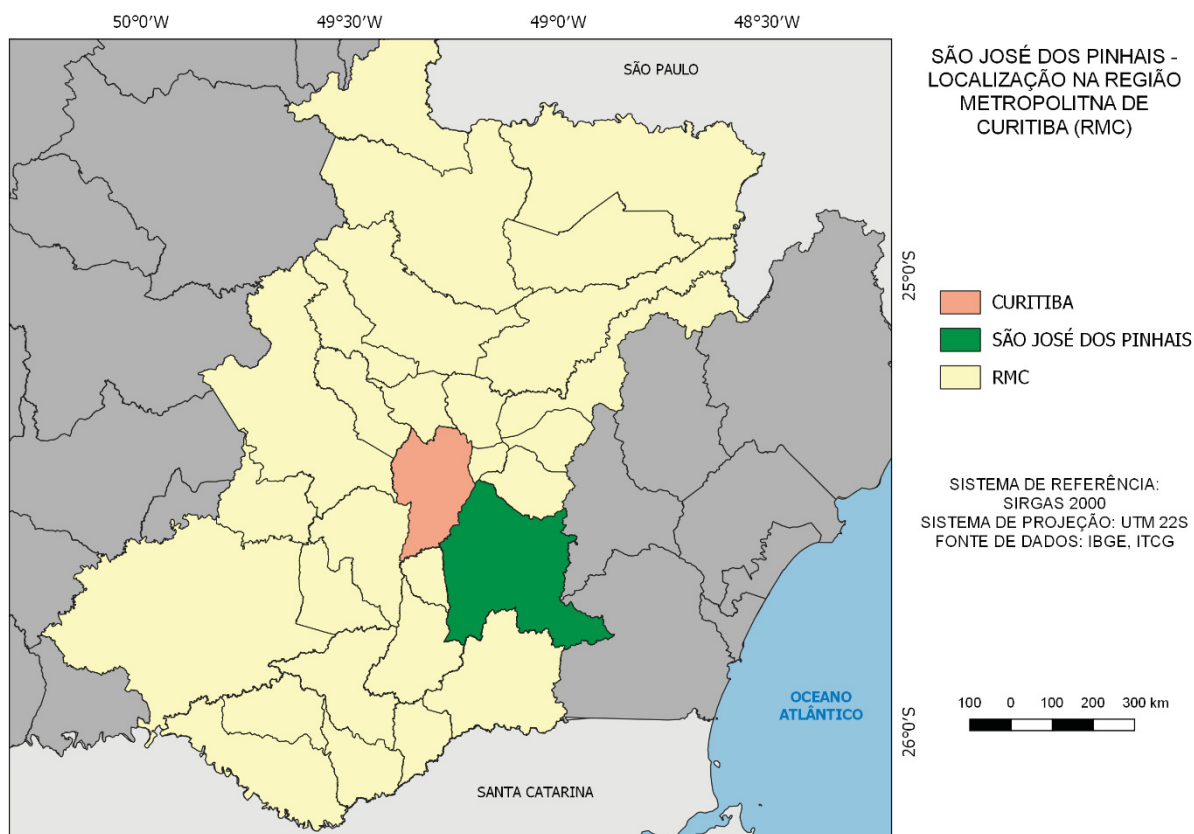
#### 3.2. CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

O sistema especialista deve ser empregado para a identificação de problemas de representação e suas soluções em cartas topográficas de áreas urbanas independentemente do nível de urbanização e do tipo de ocupação. Para tal foi necessário entender as características da urbanização do município de acordo com os dados censitários do IBGE e com o zoneamento urbano do município.

São José dos Pinhais, município pertencente à Região Metropolitana de Curitiba (RMC), está localizado a 15 km ao leste da capital do Estado (FIGURA 14). O marco zero do município apresenta as seguintes coordenadas: latitude 25°32'05" S

e longitude 49°12'23"W. Segundo o IBGE (2010), aproximadamente 90% da população da cidade é considerada urbana (TABELA 1).

FIGURA 14 – LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS



FONTE: A autora (2019).

TABELA 1 – DADOS REFERENTES AO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS

Área Total (km²)	População	Densidade Demográfica (hab/km²)	População Urbana	População Rural
946,435	264.210	279,16	236.895	27.315

FONTE: Adaptado de IBGE (2010).

A urbanização de São José dos Pinhais pode ser analisada de duas maneiras: de um modo amplo, segundo o IBGE, o qual analisa os dados totais do município, e segundo o zoneamento municipal, que apresenta uma análise detalhada da região. O IBGE classifica as áreas urbanizadas em três níveis: muito densa, densa e pouco densa. O QUADRO 9 apresenta as características conforme cada categoria de urbanização.

QUADRO 9 – CARACTERÍSTICAS DE ÁREAS URBANIZADAS SEGUNDO AS CATEGORIAS

CATEGORIA	CARACTERÍSTICAS
Muito Densa	Áreas centrais de grandes aglomerações urbanas Adensamento acentuado das construções Verticalização Quase ausência de solo não impermeabilizado
Densa	Ocupação urbana contínua Verticalização Predominância de casas Espaçamento entre construções Maior presença de solo impermeabilizado
Pouco Densa	Presença de feições urbanas (vias, quadras etc.) Ocupação esparsa Loteamentos ainda em processo de ocupação Transição entre a paisagem urbana e a rural Pequenas ocupações isoladas, como sedes ou distritos municipais

FONTE: Adaptado IBGE (2005).

Importantes rodovias federais atravessam o território de São José dos Pinhais. A Rodovia BR-277 conecta Curitiba ao Porto de Paranaguá, no litoral do Estado. A ligação entre a capital estadual e o Estado de Santa Catarina é feita pela BR-376 e a ligação ao Estado de São Paulo é realizada pela BR-116, que apresenta apenas um pequeno trecho dentro de São José dos Pinhais. Esta malha rodoviária situa o município em posição privilegiada, visto que este entroncamento rodoviário é significativo em dimensão nacional (DAVID, 2001).

A FIGURA 15 apresenta a ilustração do mapa das áreas urbanizadas de São José dos Pinhais, de acordo com o IBGE. Pode-se notar que há uma grande região com urbanização muito densa no noroeste do município, entre as rodovias BR-116 e BR-277, adjacente à Curitiba. Há uma área de densa urbanização ao redor da BR-277, próximo à divisa com Piraquara, e ao redor da BR-376. Pequenas áreas de urbanização pouco densa podem ser vistas, também vizinhas a BR-376. A TABELA 2 apresenta os números referentes às áreas urbana e rural.

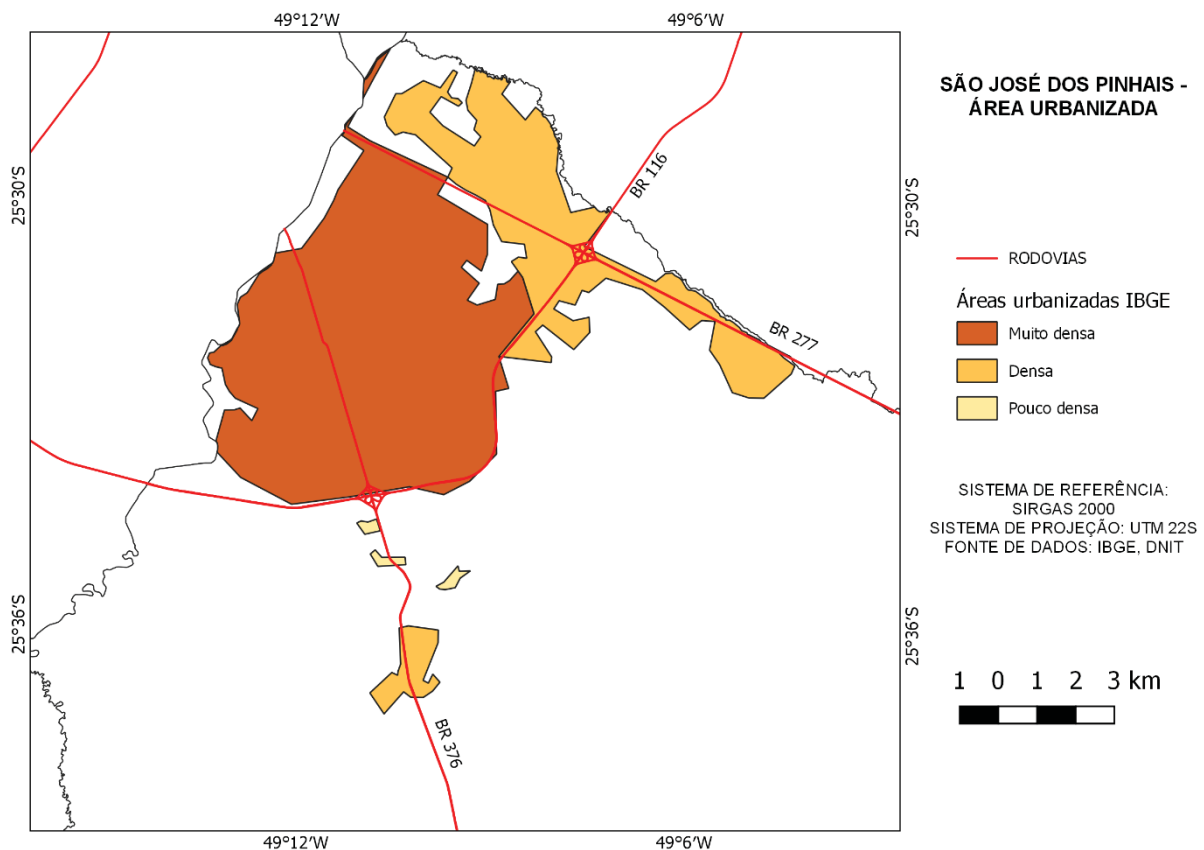
TABELA 2 – ÁREA TOTAL, URBANA E RURAL DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS

Área	km <sup>2</sup>	%
Urbana	195,29	20,64
Rural	750,95	79,36
Total	946,24	100

FONTE: Adaptado de Prefeitura Municipal de São José dos Pinhais (2018).



FIGURA 15 – ÁREAS URBANIZADAS DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS SEGUNDO IBGE



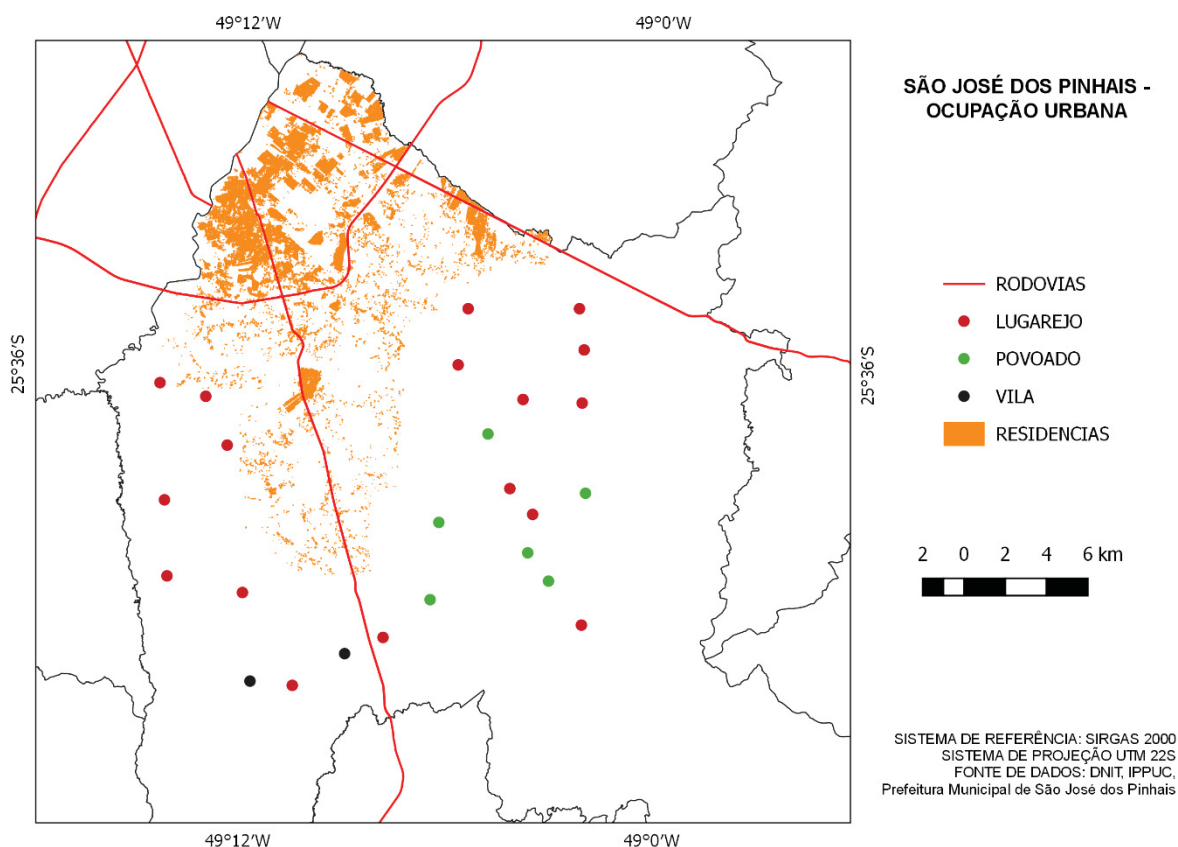
FONTE: Adaptado de IBGE (2005).

A FIGURA 16 ilustra como a ocupação urbana concentra-se na região norte e noroeste da cidade e a existência de uma grande extensão de vazio urbano, onde há vilas, povoados e lugarejos. Estas informações são provenientes do Censo 2010 e da base cartográfica cedida pela Prefeitura, datada do ano 2000.

Conforme a Tabela de Parâmetros de Uso e Ocupação do Solo da Prefeitura Municipal (ANEXO 1), há cinco classes de densidade residencial, calculada como unidade habitacional por hectare (SÃO JOSÉ DOS PINHAIS, 2016). A zona central encontra-se entre a Avenida das Américas e a Rua Joinville, onde está localizada a ocupação mais antiga da cidade e é classificada como uma área com densidade residencial altíssima, acima de 25.000 unidades habitacionais/ km<sup>2</sup> (SÃO JOSÉ DOS PINHAIS, 2016). As zonas residenciais que possuem densidade residencial média (13.500 unidades habitacionais/km<sup>2</sup>) e alta (250.000 unidades habitacionais/km<sup>2</sup>), estão situadas entre a Avenidas das Américas e a BR-277, áreas que são cortadas também pela BR-376. Estas regiões foram ocupadas efetivamente a partir da década de 1980. Ao longo da rodovia BR-376, no sentido de Joinville, há áreas de ocupação consolidadas e zonas industriais e de serviços, cuja densidade residencial é

classificada como baixíssima (densidade residencial de 1.800 unidades habitacionais/km<sup>2</sup>). Estas zonas indústrias e de serviços apresentam ocupações antigas, assim como a zona central, datadas de 1950. As áreas próximas ao limite com o município de Piraquara fazem parte da Unidade Territorial de Planejamento (UTP) Itaqui e apresentam ocupações recentes (SÃO JOSÉ DOS PINHAIS, 2014).

FIGURA 16 – OCUPAÇÃO URBANA DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS



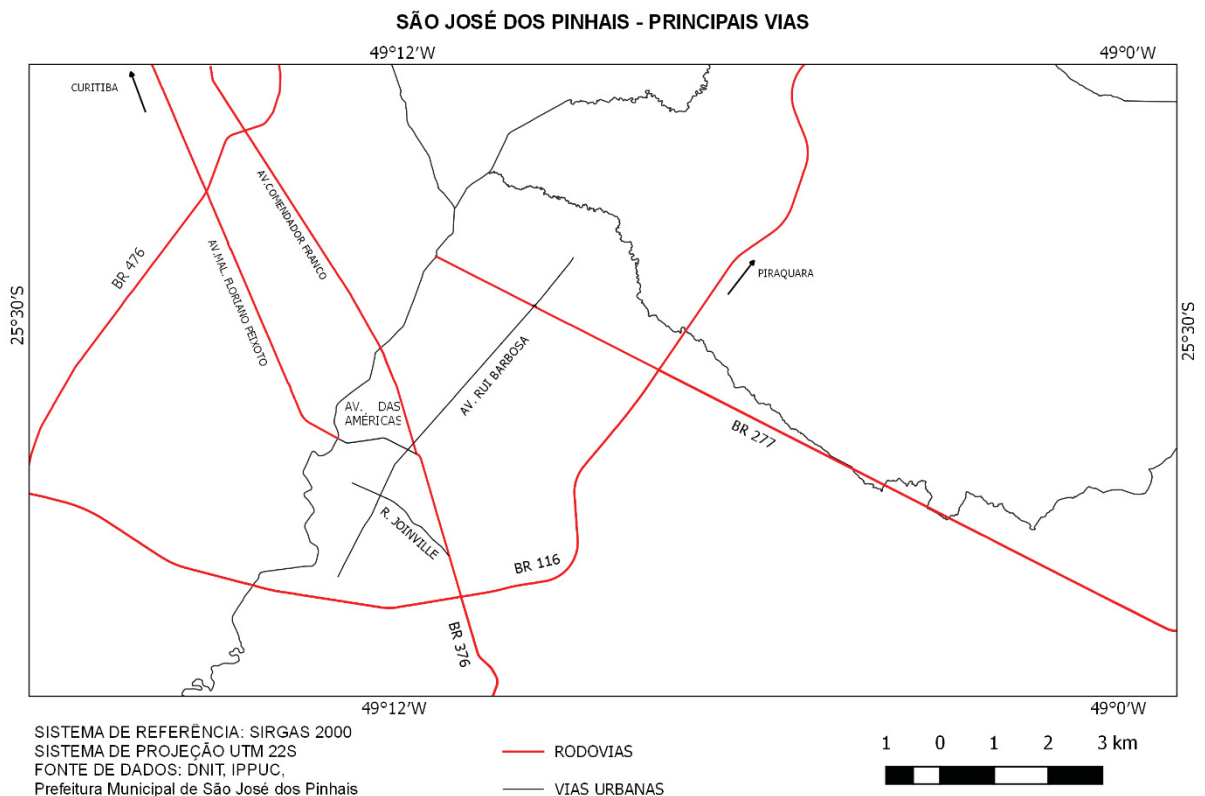
FONTE: A autora (2019).

A localização das principais avenidas do município, continuações de importantes avenidas de Curitiba, estão representadas na FIGURA 17.

Analisar os níveis de urbanização do município, segundo o IBGE, juntamente com o Mapa de Zoneamento de Uso e Ocupação do Solo e Sistema Viário (SÃO JOSÉ DOS PINHAIS, 2016) auxiliou na determinação de diferentes áreas de estudo segundo o nível de ocupação. A área correspondente à urbanização muito densa determinada pelo IBGE abrange as zonas centrais, zona de ocupação consolidada e zonas residenciais. Porém, cada uma destas regiões apresenta um nível de densidade residencial, o que pode indicar presença de outros tipos de edificações. Por exemplo, a zona de ocupação consolidada possui densidade residencial baixa, 5.600 unidades

habitacional/km<sup>2</sup>. Este fato pode assinalar a existência de outros tipos de edificações, como indústrias por exemplo, e, por consequência, outras características de ocupação. Estes aspectos podem resultar na presença de outros problemas de representação nesta região na carta topográfica.

FIGURA 17 – PRINCIPAIS VIAS URBANAS E RODOVIAS DA SÃO JOSÉ DOS PINHAIS



FONTE: A autora (2019).

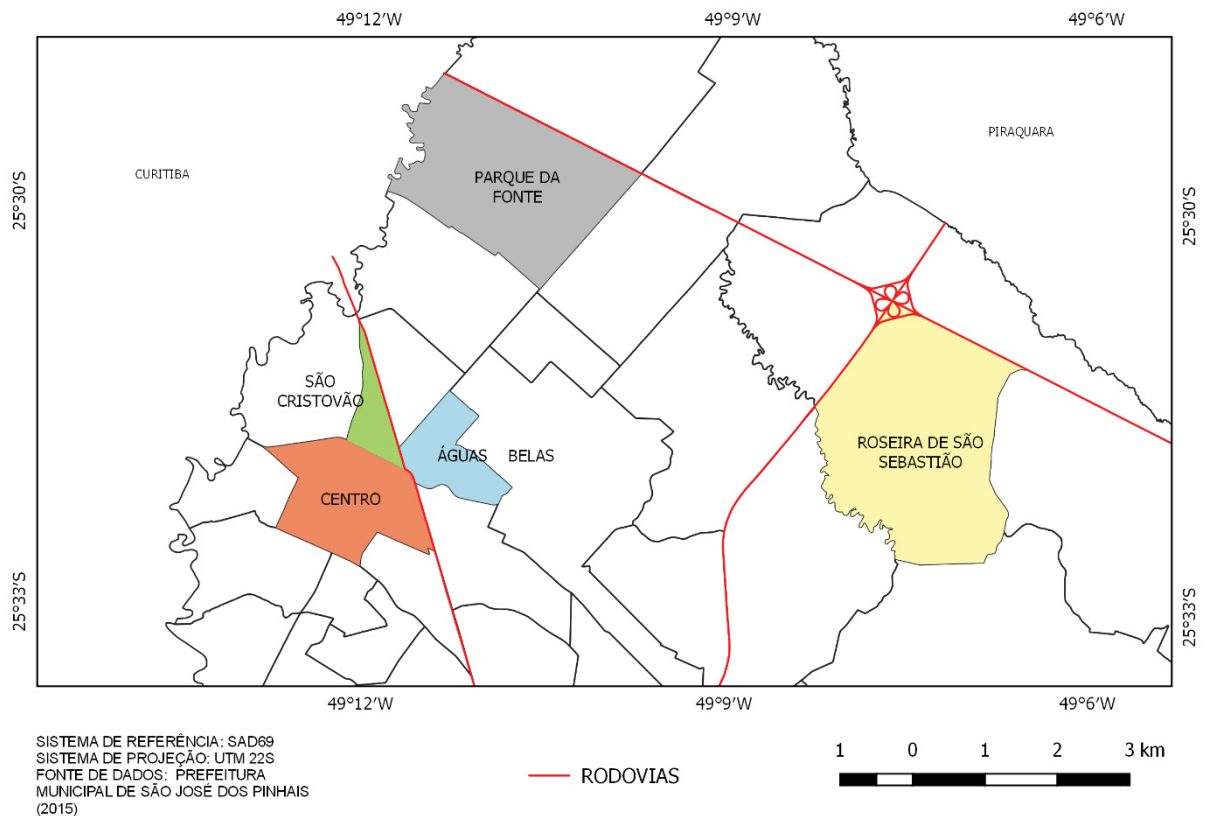
Assim, foram determinadas cinco áreas de estudo correspondentes a cinco bairros do município com diferentes características urbanas (APÊNDICES I a V): Águas Belas, Centro, Parque da Fonte, São Cristóvão e Roseira de São Sebastião. A FIGURA 18 ilustra a localização destes bairros no município de São José dos Pinhais.

Os bairros Águas Belas, Centro e São Cristóvão foram selecionados devido a diversidade de edificações presentes nessas áreas. Há edificações comerciais, públicas e residências em grande quantidade nesta área central no município. Para aplicação do sistema especialista para identificar problemas de legibilidade essas regiões são adequadas.

O bairro Parque da Fonte é essencialmente residencial, mas apresenta um pequeno número de edificações comerciais e industriais. Tais edificações apresentam

diversos detalhes na representação. Isto contribui para a identificação de problemas de visibilidade. O bairro Roseira de São Sebastião possui duas grandes áreas industriais, além de residências.

FIGURA 18 – LOCALIZAÇÃO DOS BAIRROS UTILIZADOS NA PESQUISA



FONTE: A autora (2019).

Definiu-se trabalhar com esta base cartográfica devido aos diferentes níveis de ocupação identificados no município de São José dos Pinhais. Há regiões com urbanização muito densa e alta densidade residencial, assim como áreas com urbanização densa, porém baixa densidade residencial. Distintos níveis de ocupação podem resultar em problemas de representação variados.

### 3.3. MÉTODO

A base cartográfica digital apresenta diversas informações cartográficas, como o relevo apresentado por curvas de nível, edificações, elementos de mobilidade urbana, hidrografia e vegetação. Destes itens, definiu-se realizar as análises dos problemas de representação para as feições de edificações, limites de propriedade e

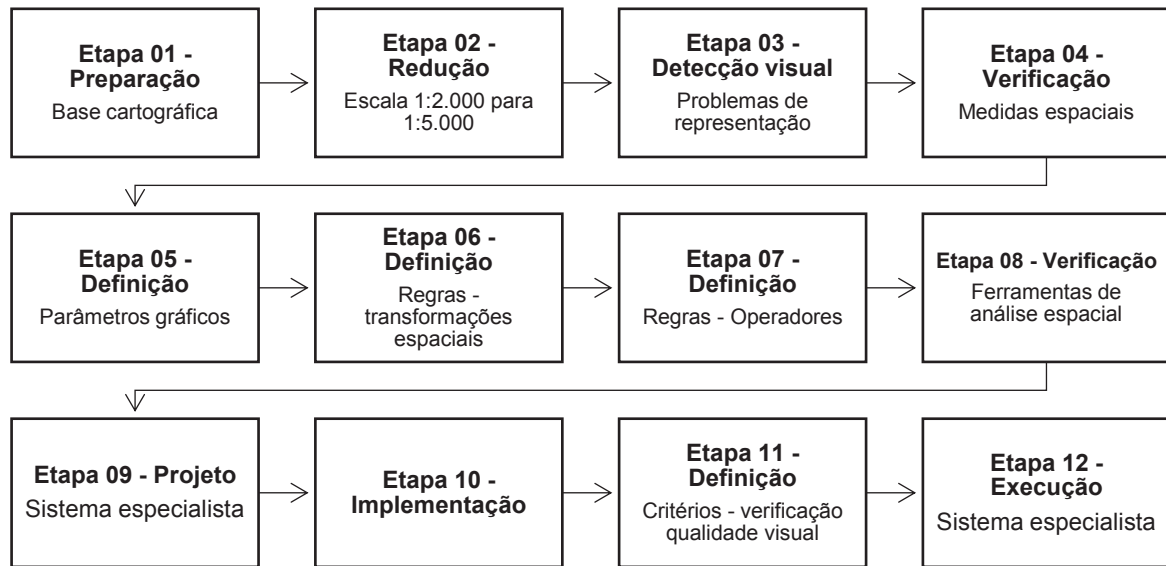
vias urbanas. Isto foi decidido devido às necessidades dos usuários de cartas na escala 1:5.000. Entre estes, estão profissionais da área de planejamento urbano municipal, área na qual cartas topográficas em escalas grandes são ferramentas importantes, pois são utilizadas para o desenvolvimento dos seguintes projetos:

- Cadastro Técnico Imobiliário Urbano;
- Infraestrutura Urbana;
- Pavimentação Pública, e
- Planta Genérica de Valores.

Nestes produtos devem estar representados os imóveis das áreas urbanas, as quadras, o loteamento do município e o sistema de vias urbanas. As etapas da metodologia são listadas na sequência e ilustradas na FIGURA 19:

1. Preparação da base cartográfica;
2. Redução geométrica da escala da carta de 1:2.000 para 1:5.000;
3. Detecção visual de problemas de representação com relação às classes de feições definidas;
4. Verificação de quais medidas espaciais podem caracterizar os problemas de visibilidade e legibilidade;
5. Definição dos parâmetros gráficos que descrevem as medidas espaciais;
6. Definição de regras que determinem as transformações espaciais;
7. Definição de regras para determinação dos operadores de generalização;
8. Verificação das ferramentas de análise espacial;
9. Projeto do sistema especialista;
10. Implementação do sistema especialista;
11. Estabelecimento de critérios de visibilidade e legibilidade para verificação da qualidade visual, e
12. Execução do sistema especialista para verificação final visual da visibilidade e legibilidade.

FIGURA 19 – ETAPAS DA METODOLOGIA



FONTE: A autora (2019).

### 3.3.1. Preparação da Base Cartográfica

As feições da base cartográfica digital são organizadas e armazenadas em arquivos em formato vetorial. A antiga recomendação técnica de padronização da CTCG (ANEXO 2) indica o nível da classe, a entidade referente à feição e informações referentes às cores, linhas, símbolos, textos e hachuras (CTCG, 1996; NALINI, 2005).

A base cartográfica de São José dos Pinhais está organizada de acordo com esta padronização. No entanto, há muitas feições que são armazenadas em dois arquivos, um deles com a representação linear e outro com a representação de área da feição, como as edificações residenciais e divisa de bairro. Existem 10 arquivos correspondentes às quadras, loteamentos, lotes e logradouros cujos números de identificação não se encontram na Tabela da CTCG. Assim, foi imposta a conferência dos arquivos das feições de interesse para verificação do nome e da feição representada.

O mapeamento na escala 1:2.000 é produzido com base no recobrimento aerofotogramétrico da escala 1:8.000 e sua atualização é feita de modo contínuo com apoio de ortofotos ou ortoimagens de alta resolução (PARANÁ, 2010). O resultado da restituição aerofotogramétrica pode apresentar erros, como feições lineares não conectadas, feições representadas em locais equivocados, vértices e linhas que não

pertencem a feição alguma. Deste modo, foi necessário analisar os arquivos vetoriais das feições de interesse para validação da base cartográfica.

A detecção das condições geométricas com base nas medidas espaciais em uma carta sem edição pode resultar na identificação equivocada de problemas de representação. Caso uma edificação encontre-se representada sobreposta à outra o sistema especialista pode identificar esta situação como um problema de legibilidade. Na eventual representação de edificações em duas classes distintas, o sistema também pode indicar a presença de um erro de legibilidade (sobreposição de feições) ou pode até mesmo ocorrer um erro na execução do sistema.

Entre as regras do sistema especialista estão: tamanho mínimo de um polígono e tamanho mínimo de um detalhe da representação de um polígono. Caso uma edificação seja representada como uma feição linear o sistema especialista não aplicará estas regras e, assim, os problemas não serão identificados. Deste modo, a edição das feições deve ser realizada antes da aplicação do sistema especialista. Os problemas presentes na base digital da área de estudo estão listados a seguir:

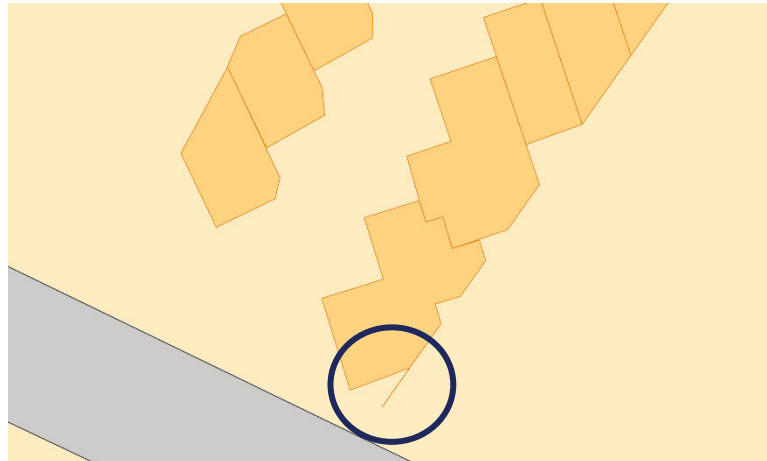
- Edificações representadas em um arquivo como feições lineares e em outro arquivo como feições de área;
- Edificações representadas como feições lineares não correspondem a todas as edificações representadas como feições de área;
- Feições lineares que, segundo a padronização, devem ser representadas como feições de área;
- Mesma edificação representada em duas classes diferentes;
- Feições representadas fora dos limites de propriedade e das vias urbanas;
- Problemas de geometria;
- Vértices adicionais fora da representação de feições de área, e
- Sobreposição de feições de classes diferentes.

A FIGURA 20 ilustra o problema referente a representação de um vértice adicional em uma edificação comercial, ou seja, um vértice fora dos limites do polígono que representa a edificação. Há casos em que polígonos inexistentes são representados entre duas edificações. A FIGURA 21 é um exemplo deste problema. É possível identificar vértices que não pertencem a nenhuma das edificações vizinhas



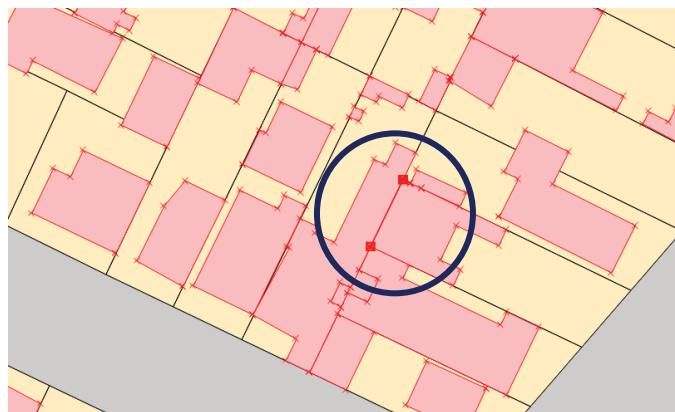
e, ao aumentar a escala, visualiza-se um polígono. Outro exemplo de representação inexata está na FIGURA 22, na qual uma feição da classe edificação residencial está representada sobre uma edificação comercial. Esses problemas foram solucionados com auxílio da *Ferramenta de nós*, disponibilizada quando a edição das feições está habilitada.

FIGURA 20- EDIFICAÇÃO COMERCIAL COM VÉRTICE INEXISTENTE



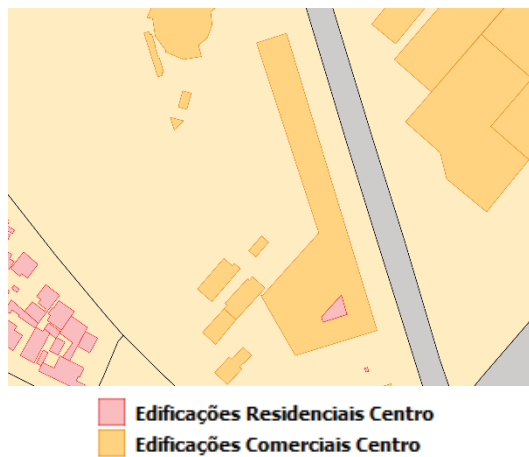
FONTE: A autora (2019)

FIGURA 21- EDIFICAÇÃO COMERCIAL COM VÉRTICES ADICIONAIS



FONTE: A autora (2019).

FIGURA 22 – LOCALIZAÇÃO EQUIVOCADA DE UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL

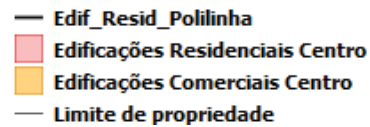


FONTE: A autora (2019).

Em adição a estas representações equivocadas, há dois arquivos para edificações residenciais. Tais feições são retratadas como polígonos em um arquivo enquanto no outro são representadas como linhas. O problema encontra-se no fato de que algumas feições lineares são inexistentes no arquivo de feições de área. A FIGURA 24 ilustra esta situação. Os números na figura indicam quais são as edificações. A classe de feições lineares está representada apenas por uma linha na cor preta referente aos limites do polígono, enquanto os elementos de área são retratados, de acordo com a simbologia proposta por Sluter et al (2018) (ANEXO 3). Deste modo, surgiu a necessidade de verificar a existência das feições lineares que não correspondem a nenhuma feição de área.

FIGURA 23 – EDIFICAÇÕES LINEARES NÃO CORRESPONDEM A TODAS AS FEIÇÕES DE ÁREA DA CLASSE DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS





FONTE: A autora (2019).

A FIGURA 24 ilustra um problema relacionado com a classe de limites de propriedade. Algumas edificações estão representadas como que sobrepostas ao limite de propriedade e até mesmo fora do limite e do alinhamento predial. Em algumas situações a edificação está representada sobreposta a feição da via urbana, como se houvesse uma edificação no meio da rua.

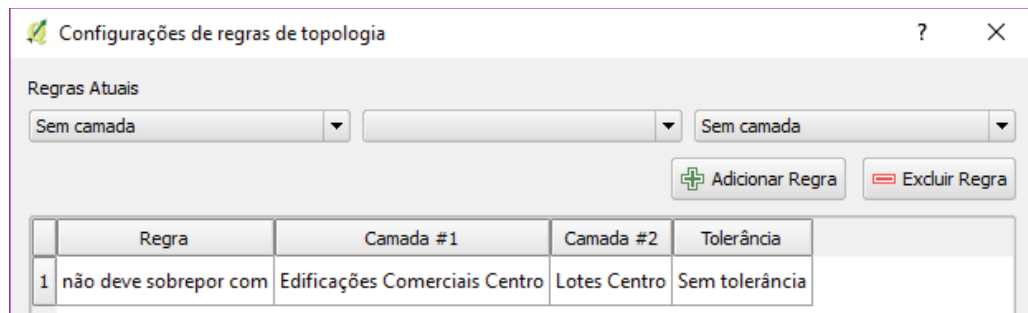
FIGURA 24 – EDIFICAÇÕES REPRESENTADAS EM DESACORDO COM O LIMITE DE PROPRIEDADE



FONTE: A autora (2019).

Problemas de sobreposição de feições, sejam da mesma classe ou de classes distintas, foram detectados por meio do complemento do QGIS: ‘*Verificação de Topologia*’. Esta ferramenta permite a identificação de erros de topologia em camadas vetoriais. O usuário pode criar, salvar e validar regras de topologia, e os resultados são destacados na tela de visualização. Por exemplo, uma regra sobreposição de edificações comerciais em relação aos limites de propriedade é apresentada na FIGURA 25.

FIGURA 25 – CRIAÇÃO DE REGRA DE TOPOLOGIA



FONTE: A autora (2019).

A preparação da base cartográfica deve ser uma etapa obrigatória que antecede a generalização cartográfica. Visto que este processo é composto por estágios que dependem da completude, qualidade e da topologia da base, não realizar a análise e verificação dos dados poderá prejudicar todo o procedimento.

### 3.3.2. Redução Geométrica da Escala da Carta

A escala da carta foi reduzida de 1:2.000 para 1:5.000, sem que nenhuma alteração nos dados fosse realizada. Esta mudança foi feita com a função que permite definir a escala de visualização diretamente na barra de ferramentas do QGIS. A FIGURA 26 apresenta os recortes da carta topográfica de São José dos Pinhais, do bairro Centro, referentes à escala 1:2.000 (a) e à escala 1:5.000 (b).

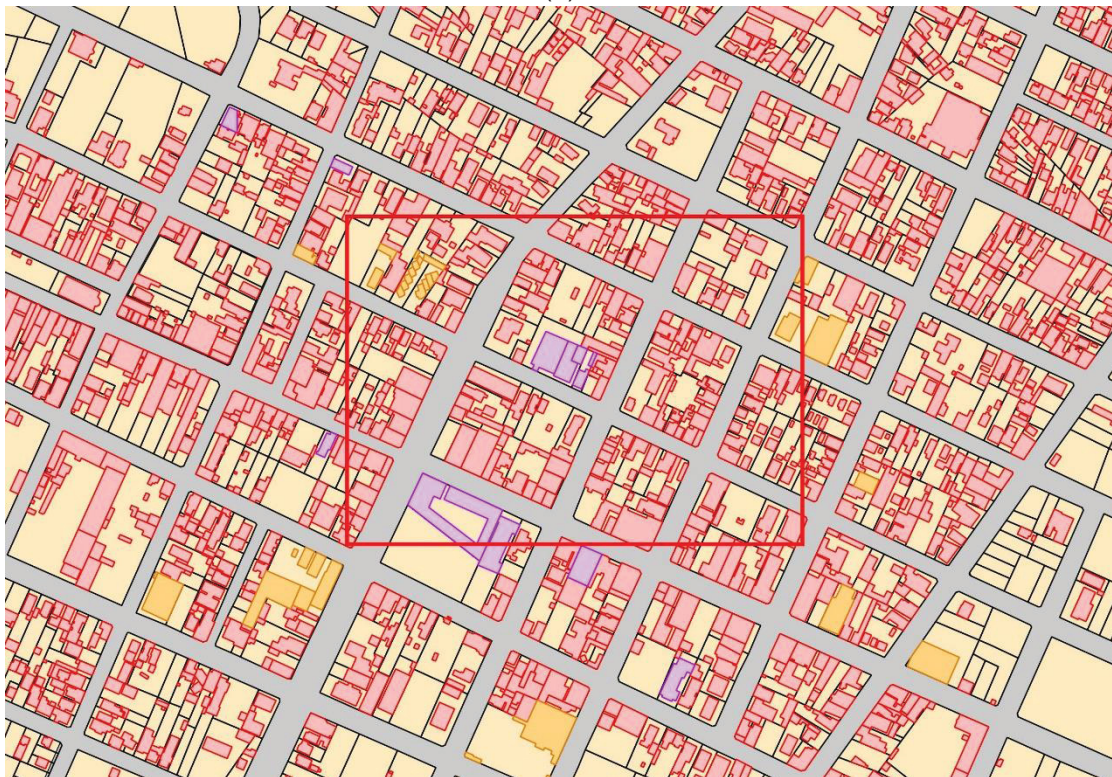
A redução geométrica é necessária para a realização da primeira parte da avaliação cartométrica. Segundo o modelo conceitual de McMaster & Shea (1992), num primeiro momento devem ser identificadas as condições geométricas de congestionamento, coalescência e imperceptibilidade, com auxílio de medidas espaciais. Caso alguma condição geométrica seja identificada os operadores de generalização devem ser aplicados, visto que estes minimizam os efeitos da redução de escala. A identificação de tais condições pode ser realizada de modo visual e de modo automatizado na escala pretendida, neste caso, 1:5.000.



FIGURA 26 – RECORTE DA CARTA TOPOGRÁFICA NA ESCALA 1:2.000 (a) E NA ESCALA 1:5.000 (b)



(a)



(b)

FONTE: A autora (2019).

### 3.3.3. Detecção Visual dos Problemas de Representação

A detecção visual dos problemas de representação consistiu na seleção preliminar, em meio digital, de áreas da base cartográfica nas quais a leitura e compreensão das informações representadas foi prejudicada devido à redução de escala. Em seguida, tais áreas foram impressas em folhas A4 e analisadas para identificação das feições presentes e da caracterização dos problemas de representação existentes. Realizar essa análise em meio analógico foi necessário devido às necessidades dos usuários: cartas topográficas impressas.

Os problemas de representação podem ser descritos como parâmetros gráficos dependentes dos critérios de visibilidade e legibilidade. O parâmetro referente à visibilidade é o tamanho mínimo e para legibilidade, o parâmetro é distância mínima. Estes parâmetros gráficos são referentes à representação gráfica em papel, em razão das necessidades do usuário de realizar análises em mapas impressos. Por este motivo, foi necessário delimitar áreas de estudo para o desenvolvimento da pesquisa e imprimi-las para análise visual. Estas foram impressas e analisadas visualmente. Para reduzir os custos desta fase da pesquisa, parte destas áreas selecionadas foram impressas em folhas tamanho A4. Tais regiões foram definidas de acordo com a densidade residencial, industrial e o bairro, de modo que diferentes tipos de ocupação e todo o limite urbano do município fossem incluídos. As áreas de estudo abrangem os bairros (item 3.2) selecionados para a aplicação do sistema especialista (APÊNDICES I a V).

#### 3.3.3.1. Problema de visibilidade

O problema de visibilidade é caracterizado pela dificuldade em distinguir uma feição individual devido ao seu tamanho estar abaixo do mínimo visível aos olhos humanos. A FIGURA 27, um recorte de uma das áreas de estudo, ilustra este problema. No exemplo 1, a visualização e compreensão das feições está prejudicada devido ao seu tamanho. No exemplo 2, os detalhes das feições não são visíveis aos olhos humanos, também devido ao tamanho. Este foi o problema mais recorrente identificado nas áreas de estudo, uma vez que há muitas edificações com detalhes em toda a base cartográfica.



FIGURA 27 – IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS DE VISIBILIDADE. ESCALA 1:5.000



FONTE: A autora (2019).

### 3.3.3.2. Problema de legibilidade

Uma área com problemas de legibilidade é caracterizada pela alta densidade de feições e pela proximidade excessiva entre elas, como a FIGURA 28 ilustra. O exemplo 1 consiste na proximidade excessiva entre feições da mesma classe. Essa proximidade permite ver a linha que delimita cada edificação, mas a distância entre estas está abaixo do valor mínimo visível aos olhos humanos. Este fato pode induzir o usuário a interpretar esta situação como uma sobreposição. A mesma situação pode ser vista no exemplo 2, porém com feições de classes diferentes. Neste caso, uma edificação pública e uma edificação residencial estão muito próximas. A proximidade entre as feições também é a causa do problema ilustrado no exemplo 3. Há seis edificações residenciais representadas em dois lotes. Porém, o usuário pode ter dificuldades em identificar as feições individuais, devido à distância entre estas. Além disso, há uma aparente sobreposição das feições com os limites das quadras. Esta situação pode criar a ideia de que algumas edificações estão construídas na via urbana. Por fim, o exemplo 4 ilustra duas feições que estão muito próximas entre si, o que pode dificultar a leitura da carta pelo usuário.



FIGURA 28 – IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS DE LEGIBILIDADE. ESCALA 1:5.000.



FONTE: A autora (2019).

Os problemas de representação identificados na carta topográfica reduzida foram descritos em função das condições geométricas de congestionamento, coalescência e imperceptibilidade, descritas por McMaster & Shea (1992). Com base no conhecimento destas condições cada problema de representação foi relacionado com as medidas espaciais.

Os problemas de representação identificados podem ser descritos como as condições geométricas de congestionamento, de coalescência e imperceptibilidade. O problema de legibilidade envolve a proximidade entre as feições. Deste modo, ele pode ser descrito com as características das condições de congestionamento e de coalescência. O problema de visibilidade está relacionado com o tamanho da feição individual ou de um detalhe desta e está relacionado à condição de imperceptibilidade.

As medidas espaciais e holísticas devem ser empregadas para confirmar a presença das condições geométricas (WEILBEL & DUTTON, 1999). Para tal, foi estabelecida uma relação entre estas medidas e as condições geométricas definidas.

A determinação da condição geométrica de congestionamento foi feita por meio de medidas de densidade e distribuição, pois sua descrição menciona aglomeração de elementos representados. A densidade residencial é um parâmetro utilizado no zoneamento urbano do município de São José dos Pinhais e foi empregado como uma regra do sistema especialista.

A coalescência é caracterizada pela sobreposição das feições, parcial ou total, e, desta forma, pode ser detectada por medidas de distâncias. Caso duas edificações

sejam representadas com uma distância abaixo do valor mínimo, indica a existência desta condição geométrica.

Quando há divergência entre uma feição e seu fundo ou com os demais elementos ao redor, nesta situação é identificada a condição geométrica de conflito. Esta também prejudica a leitura e a assimilação de informações. Para detectar tal condição geométrica foi utilizado a ferramenta de *Verificação da Topologia*, disponível no *software* QGIS.

Diversas edificações possuem detalhes na sua representação e a redução de escala resulta em que estes detalhes não sejam claramente visíveis assim como algumas feições individuais. Este cenário descreve a condição geométrica de imperceptibilidade, que está relacionada ao problema de representação da mesma denominação. Para a identificação desta condição foram utilizadas as medidas de área e comprimento de feições de área individuais. O QUADRO 10 mostra a associação dos problemas de representação detectados nas áreas de estudo, com as condições geométricas detectadas e as medidas espaciais.

QUADRO 10 – CONDIÇÕES GEOMÉTRICAS, MEDIDAS E PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO

CONDIÇÃO GEOMÉTRICA	MEDIDAS	PROBLEMA DE REPRESENTAÇÃO
Congestionamento	Densidade	Legibilidade
Coalescência	Distância	
Imperceptibilidade	Comprimento Área	Imperceptibilidade

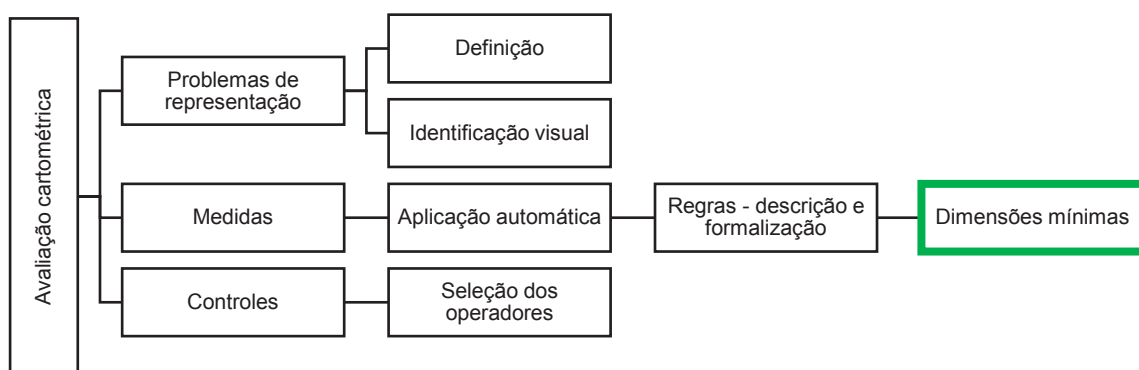
FONTE: A autora (2019).

A definição de quais medidas espaciais podem caracterizar problemas de representação é dependente da identificação das condições geométricas. Do contrário, são apenas medidas feitas nas feições em relação às propriedades geométricas destas, sem indicar um problema específico. As condições geométricas demandam que regras específicas e valores sejam determinados para que possam ser identificadas de modo automatizado. As medidas espaciais foram descritas como regras associadas a parâmetros gráficos. Deste modo, foi possível formalizar os critérios para realizar a generalização cartográfica fundamentados nestes problemas.

### 3.3.4. Parâmetros Gráficos

O processo de generalização automatizada foi aplicado com auxílio de um sistema especialista baseado em regras de decisão. Para tal, foi necessária a formalização dos problemas de representação identificados na avaliação cartométrica. A FIGURA 29 ilustra os aspectos desta avaliação. Para automatização desta avaliação foi essencial realizar a identificação visual e definir características destes problemas para que sua determinação com as medidas espaciais fosse possível. Para automatizar a aplicação dessas medidas, foi necessário descrevê-las e formalizá-las como regras. Cada regra foi relacionada a um problema de representação e a um valor, considerado como mínimo para que uma situação seja considerada legível ou não. Tais valores correspondem as dimensões mínimas.

FIGURA 29 – ASPECTOS DA AVALIAÇÃO CARTOMÉTRICA



FONTE: A autora (2019).

Para a determinação destas dimensões mínimas e caracterização dos problemas de representação, foram desenvolvidos testes de percepção visual. Tais testes permitiram avaliar a percepção de símbolos lineares e de área utilizados na representação das feições de vias, limites de propriedade e edificações, nas suas diferentes classificações. O resultado foi empregado nas regras de decisão do sistema especialista para automatização da avaliação cartométrica.

A SSC (2002) afirma que distâncias e tamanhos mínimos devem ser determinados e recomendados para que os símbolos sejam legíveis, para possibilitar a discriminação em tamanho e para que sua reprodução seja feita sem dificuldades. Estas orientações devem considerar os limites da percepção visual, seja para visualizar uma feição individual ou distinguir duas feições. A publicação ainda

apresenta valores mínimos, considerados para mapas impressos, para a discriminação de formas geométricas e uma lista de símbolos pretos e coloridos (cinza) com os respectivos valores mínimos de tamanho, espessura de linhas e espaçamento.









#### 3.3.4.1. Simbologia dos Testes de Percepção Visual

A elaboração dos testes baseou-se nas recomendações de dimensões mínimas da SSC, do IGN, da USGS e na dissertação de mestrado de Taura (2007). Na publicação *Map Graphics and Generalisation* (SSC, 2002), os autores afirmam que entre as regras da representação gráfica está a observação das distâncias mínimas. Esta regra garante a legibilidade de uma carta topográfica exatamente devido a aplicação dos valores mínimos. Assim como as agências de mapeamento francesa e americana, a SSC recomenda valores mínimos para símbolos pretos representados em um fundo branco. Taura (2007) aplicou testes de percepção visual para símbolos coloridos, no entanto tais símbolos não são mais utilizados pela CTCG. Apesar desta diferença, tais valores foram considerados na elaboração dos testes para esta pesquisa.

O teste consistiu em questões relativas à percepção visual. O QUADRO 11 apresenta os aspectos avaliados no teste de percepção visual, a geometria das feições, a medida espacial avaliada, a identificação do elemento e seu respectivo símbolo.

Conforme as convenções da CTCG, as feições das edificações representadas em uma carta topográfica são divididas de acordo com o uso (CTCG, 2009). Por esta razão, as edificações são classificadas em 11 tipos (ANEXO 3). Porém, diversas classes são representadas pela mesma simbologia. No QUADRO 12 são apresentadas as classes de feições e respectiva simbologia. As classes de edificações comerciais e de serviço são representadas pela mesma simbologia. O mesmo ocorre com a classe de edificações públicas e de transportes. As classes de edificações residenciais, escolares, de saúde, culturais, turísticas e igrejas também são representadas pela mesma simbologia.












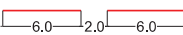
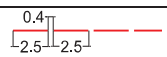

QUADRO 11 - ASPECTOS AVALIADOS NO TESTE DE PERCEPÇÃO VISUAL

Feições lineares	Distância	Linhas paralelas	
	Distância	Linha tracejada	
Feições de área	Comprimento/Largura	Lado um retângulo	
	Comprimento	Lado de um quadrado sólido	
	Comprimento	Detalhes na representação	
	Distância	Feições linear e de área	
	Distância	Feições de área	
	Comprimento	Áreas internas	

FONTE: A autora (2019).

O QUADRO 12 apresenta especificações da simbologia utilizada nos testes de percepção visual de acordo com a dimensão espacial e primitiva gráfica de cada classe de feição avaliada. As feições de transporte são classificadas com base no tipo de tráfego e pavimentação da via (QUADRO 12). A feição arruamento é representada como uma feição de área, representação diversa daquela adotada pelas agências de mapeamento de referência de outros países. Em vista disso, optou-se por inserir os símbolos referentes a estas feições nos testes, pois as cores podem influenciar na leitura e compreensão da carta topográfica.

QUADRO 12 – ESPECIFICAÇÕES DA SIMBOLOGIA EMPREGADA NOS TESTES DE PERCEPÇÃO VISUAL










Dimensão espacial	Primitiva gráfica	Feições	Simbologia				
			Contorno			Preenchimento	
			Representação	RGB	Espessura	Representação	RGB
Área	Área	Comerciais e de serviços		255,166,0	0,18 mm		255,211,127
		Industriais		0,0,0	0,18 mm		156,156,156
		Públicas e de transporte		131,64,191	0,18 mm		194,163,224
		Residenciais, igrejas, escolares, de saúde, culturais e turísticas		255,0,0	0,18 mm		255,190,190
Linha	Área	Rodovias	-	-	-		255,0,0
		Ruas pavimentadas	-	-	-		204,204,204
		Ruas não pavimentadas	-	-	-		255,218,186
Linha	Linha	Rodovias não pavimentadas		255,0,0	0,25 mm	-	-
		Rodovias em construção		255,0,0	0,25 mm	-	-
		Limites de propriedades		0,0,0	0,18 mm	-	-

FONTE: Adaptado de Paraná (2010).

O QUADRO 13 apresenta as questões do teste relacionadas a cada elemento gráfico e seus respectivos símbolos. Em cada questão o participante deveria marcar as alternativas visíveis e legíveis para ele. Os testes foram desenvolvidos com base na percepção visual relacionada aos problemas de visibilidade e legibilidade, assim como na definição das dimensões mínimas. Para cada questão existem sete alternativas de tamanhos e distâncias distintos.

A publicação da SSC (2002) e a dissertação de mestrado de Taura (2007) foram usadas como base para a organização e desenvolvimento do teste. A SSC (2002) recomenda dimensões mínimas para 15 aspectos. Porém, como algumas recomendações não se enquadram na simbologia avaliada neste trabalho, como por exemplo, símbolos pontuais, linhas pontilhadas e hachuras, foram usadas como referências apenas seis destas recomendações. Taura (2007) avaliou 10 símbolos. No entanto, sete destes se referem a feições não avaliadas nesta pesquisa, como toponímia e símbolos pontuais.

QUADRO 13 – SÍMBOLOS AVALIADOS E QUESTÕES APRESENTADAS NO TESTE

Primitiva gráfica	Elemento gráfico	Símbolo	Questão
Linha	Linha tracejada		Escolha as alternativas nas quais você vê claramente uma linha tracejada
	Linhas paralelas		Escolha as alternativas nas quais você vê claramente 3 linhas paralelas
Área	Largura de um retângulo sólido		Abaixo são apresentadas sequências de polígonos. Marque as alternativas nas quais você passa a ver o retângulo como uma linha.
	Lado de um quadrado sólido		Abaixo é apresentada uma sequência de polígonos. Marque as alternativas nas quais você vê facilmente os símbolos
	Lado de área interna		As figuras abaixo apresentam áreas internas. Em quais alternativas você vê claramente essa área e seu contorno?
	Detalhe na representação		As figuras abaixo apresentam detalhes na sua representação. Em quais alternativas você vê claramente estes detalhes?
	Distância entre polígonos		Uma sequência de figuras de área é apresentada abaixo. Marque as alternativas nas quais você vê o espaçamento entre as feições.
	Distância entre polígono e linha		A seguir são apresentadas sequências de figuras lineares e de área. A cada sequência, marque as alternativas nas quais você vê o espaçamento entre as feições.
	Lado de um quadrado sólido		Abaixo é apresentada uma sequência de polígonos. Marque a alternativa na qual o polígono passa a ser visualizado como ponto.

FONTE: A autora (2019).

### 3.3.4.2. Desenvolvimento dos testes de percepção visual

O teste foi dividido em duas partes: perguntas pessoais e tarefas de percepção visual. Perguntas pessoais incluíram questões relacionadas a idade, área de estudo e existência de problemas visuais. Estes questionamentos foram necessários para se saber até que ponto problemas visuais podem interferir na percepção visual. O experimento consistiu em:



- a) Definir os aspectos a serem avaliados com base em problemas de representação;
- b) Analisar os aspectos geométricos dos símbolos das feições a serem generalizadas;
- c) Definir as questões para compor os testes de percepção e as possibilidades de respostas (definir dimensões);
- d) Produzir imagens com a simbologia definida segundo os diferentes tamanhos propostos;
- e) Organizar os testes,
- f) Aplicar os testes.

Nesta pesquisa foram identificados problemas de representação com as seguintes características: congestionamento de informações, proximidade entre as feições e tamanho de feições individuais. Baseado nisto, foram definidos os aspectos a serem avaliados, que podem ser caracterizados pela distância e pelo tamanho dos símbolos.

A simbologia das feições analisadas consiste em linhas e polígonos (QUADRO 12). Foram analisadas as características dos elementos geométricos dos símbolos (linhas, quadrados e retângulos) para definir suas características gráficas (contornos e cores). Com estas características e com o conhecimento dos aspectos a serem avaliados, foi possível definir as oito questões apresentadas no teste. Do aspecto tamanho, derivou-se três componentes: lado do quadrado, lado do detalhe de uma edificação, lado da área interna de uma edificação e largura de um retângulo. O aspecto distância foi analisado em três perspectivas: espaçamento de uma linha tracejada, distância entre linhas paralelas, distância entre feições de área e distância entre uma feição linear e uma feição de área.

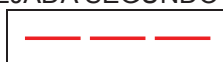
Para verificar se há diferenças na percepção das cores dos polígonos, optou-se por separar as classes de edificações e avaliá-las por cor. Deste modo, foram aplicados quatro tipos de testes: Tipo 1 – Edificações Comerciais e de Serviços, Tipo 2 – Edificações Industriais, Tipo 3 – Edificações Públicas e de Transportes, e Tipo 4 – Edificações Residenciais, Igrejas, Escolas, de Saúde, etc (QUADRO 12). Os outros aspectos avaliados estão presentes em todos os testes, independentemente da cor do polígono.

### 3.3.4.3. Questões da Avaliação da Percepção Visual

Definiu-se avaliar uma linha tracejada (FIGURA 30) pois a simbologia proposta recomenda um valor (2,0 mm) para o espaçamento entre os traços e para o comprimento dos traços (6,0 mm). No entanto, tais valores não foram testados com usuários para sua validação.

Os valores avaliados para espaçamento de traços de linhas tracejadas são usados por diversas *National Mapping Agencies* (NMAs – Agências de Mapeamento Nacional) (QUADRO 14). A simbologia empregada por tais agências é semelhante à simbologia proposta, porém tais valores são empregados para mapas topográficos em escalas 1:25.000 e menores. O símbolo de linha tracejada é referente à uma feição de transporte, como é o caso do símbolo de linha tracejada avaliado nesta pesquisa (QUADRO 12). Os valores avaliados foram 0,15 mm, 0,20 mm, 0,25 mm, 0,40 mm, 0,50 mm, 0,80 mm e 1,00 mm.

FIGURA 30 – LINHA TRACEJADA SEGUNDO PADRONIZAÇÃO DA CTCG



FONTE: Paraná (2010)

QUADRO 14 – VALORES DE ESPAÇAMENTO ENTRE TRAÇOS INDICADOS POR DIVERSAS AGÊNCIAS DE MAPEAMENTO PARA ESCALAS MÉDIAS

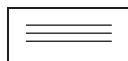
Agência de mapeamento	Distância entre traços (mm)	Escala	Símbolo (fora de escala)
IGN Argentina	0,50	1:25.000, 1:50.000, 1:100.000	=====
	0,80	1:250.000, 1:500.000	-----
IGN Costa Rica	0,40	1:25.000	=====
IGM Equador	0,50	1:25.000, 1:50.000 e 1:100.000	-----
DSG	0,40	1:25.000, 1:50.000, 1:100.000, 1:250.000	=====
USGS	0,508 (0.02")	1:24.000 e 1:25.000	-----

FONTE: A autora (2019).

Definiu-se avaliar o espaçamento entre linhas paralelas (FIGURA 32) por ser uma situação frequente nas cartas topográficas. Por exemplo, foram identificadas situações em que há linhas que representam quadras, limites de propriedade e limites dos polígonos de edificações industriais. Apenas a SSC (2002) recomenda um

espaçamento mínimo para esta situação. As sete opções de espaçamento apresentadas correspondem aos mesmos valores utilizados por Taura (2007): 0,10 mm, 0,20 mm, 0,25 mm, 0,30 mm, 0,50 mm, 0,70 mm, e 1,00 mm. A FIGURA 31 ilustra três linhas paralelas com 1,00 mm de distância entre si.

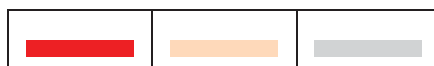
FIGURA 31 – LINHAS PARALELAS



FONTE: A autora (2019).

As rodovias e ruas são representadas como símbolos de área. Porém, com a redução de escala pode ser que seja necessário representar estas feições como linhas. Neste cenário, a espessura da linha não corresponde à largura da rua em escala, por isso é necessário definir quando uma rua deve ser representada com símbolo linear. Para tanto, é preciso estabelecer uma largura mínima para que uma rua, representada com símbolo de área, tenha a largura da rua na escala do mapa. Os valores avaliados consistem na largura do retângulo e são os seguintes: 0,30 mm, 0,50 mm, 0,80 mm, 1,0 mm, 1,2 mm, 1,5 mm e 2,00 mm. Os polígonos da FIGURA 32 têm 2,00 mm de largura.





FIGURA 32 – RODOVIAS E RUAS APRESENTADAS NO TESTE DE PERCEPÇÃO VISUAL



FONTE: A autora (2019).

O tamanho de um quadrado foi avaliado pois no processo de generalização cartográfica, caso uma feição seja representada com um tamanho abaixo do mínimo visível ela deve ser eliminada ou exagerada, de acordo com sua importância na representação cartográfica (MCMASTER e SHEA, 1992). Em sua maioria, as agências de mapeamento não recomendam um tamanho mínimo para feições de área, seja o lado do quadrado ou retângulo, ou mesmo área mínima. A SSC (2002), o IGN da França (2001) e o IGN da Costa Rica (2016) apresentam valores para lado de um quadrado, na cor cinza com contorno (SSC) e na cor preta os quais foram inclusos nos testes. Os valores utilizados são: 0,10 mm, 0,30 mm, 0,50 mm, 0,80 mm, 1,00 mm, 1,20 mm e 1,50 mm. Todos os quadrados retratados na FIGURA 33, apresentados na avaliação, têm 1,50 mm de lado.





FIGURA 33 – POLÍGONOS APRESENTADOS NA AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO VISUAL DE TAMANHO

Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
			

FONTE: A autora (2019).

Poucas edificações da base cartográfica apresentam uma área interna. Apesar da baixa ocorrência, optou-se por avaliar o tamanho mínimo desta área, pois suas dimensões podem resultar em problemas de representação. Dentre os manuais de produção de cartas topográficas, apenas o manual da SSC (2002) recomenda uma dimensão mínima para este aspecto. Os valores considerados neste teste foram: 0,20 mm, 0,30 mm, 0,40 mm, 0,50 mm, 0,55 mm, 0,60 mm, 0,65 mm. Todos os polígonos da FIGURA 34 têm áreas internas com 0,65 mm de comprimento.

FIGURA 34 – POLÍGONOS APRESENTADOS NA AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO VISUAL DE TAMANHO DE UM DETALHE

Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
			

FONTE: A autora (2019).

Edificações com detalhes na sua representação são recorrentes na carta topográfica de São José dos Pinhais por isso este aspecto foi avaliado (FIGURA 35). A SSC (2002), IGN da França (2001) e Taura (2007) abordam este aspecto e sugerem os seguintes valores: 0,25 mm; 0,30 mm, e 0,30 mm, respectivamente. Os valores empregados para avaliar este aspecto foram: 0,15 mm, 0,20 mm, 0,25 mm, 0,30 mm, 0,50 mm, 0,80 mm, 1,00 mm. Os detalhes dos polígonos da FIGURA 38 têm 1,00 mm de comprimento.

FIGURA 35 – EXEMPLOS DE EDIFICAÇÕES COM DETALHES NA REPRESENTAÇÃO



FONTE: A autora (2019).

FIGURA 36 – POLÍGONOS APRESENTADOS NA AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO VISUAL DE TAMANHO DE UM DETALHE

Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4

FONTE: A autora (2019).

Para a aspecto de distância entre feições foram apresentados aos participantes três quadrados igualmente espaçados entre si da mesma cor (FIGURA 37). Os valores de espaçamento avaliados são os mesmos independentemente da cor do símbolo. Cada participante recebeu um teste com polígonos (quadrados) de uma determinada cor. O IGN da França (2001) sugere o valor de 0,15 mm para o mesmo tipo de símbolo, enquanto Taura (2007) propõe o valor de 0,25 mm para a distância entre polígonos vazados. Os valores avaliados nos testes foram: 0,10 mm, 0,15 mm, 0,25 mm, 0,30 mm, 0,40 mm, 0,50 mm e 0,80 mm. Os polígonos da figura abaixo estão apresentados com 0,80 mm de espaçamento entre si.

FIGURA 37 – SÍMBOLOS AVALIADOS NO ASPECTO DISTÂNCIA ENTRE FEIÇÕES DE ÁREA

















Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4

FONTE: A autora (2019).

Foi apresentado ao participante um quadrado e uma linha para avaliar a distância entre feições lineares e de área. Este deveria assinalar as alternativas nas quais o espaçamento entre as duas figuras era visível. O experimento era composto por quatro etapas, cada uma com um quadrado da mesma cor e uma linha de cor

diferente, referente às feições de transporte (FIGURA 38). A SSC (2002) apresenta o valor de 0,20 mm para distância entre quadrados e linhas na cor preta enquanto Taura (2007) propõe um valor de 0,25 mm para quadrados sem preenchimento. Os valores considerados para avaliar a distância entre um polígono e uma linha foram: 0,10 mm, 0,20 mm, 0,25 mm, 0,30 mm, 0,40 mm, 0,50 mm e 0,70 mm. Todos os polígonos da figura abaixo estão a 0,70 mm das suas respectivas linhas.

FIGURA 38 – SÍMBOLOS AVALIADOS NO ASPECTO DISTÂNCIA ENTRE LINHA E POLÍGONO

Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
			
			
			
			

FONTE: A autora (2019).

Foi apresentado aos participantes um experimento cujo objetivo era determinar a partir de qual tamanho um polígono é visto como um ponto pelo usuário. Decidiu-se incluir tal experimento no teste de percepção visual pois, devido à quantidade de feições individuais, foi necessário criar uma regra para a seleção e eliminação de feições de área com base no seu tamanho.

O participante deveria selecionar as alternativas nas quais ele via um polígono como um ponto. O tamanho do polígono foi determinado pelo comprimento do lado. Os valores empregados foram: 0,10 mm, 0,30 mm, 0,50 mm, 0,80 mm, 1,00 mm, 1,20 mm e 1,50mm.

### 3.3.5. Regras de Transformações Espaciais e Definição dos Operadores

O conhecimento sólido das características dos problemas de representação e das medidas espaciais permitiu a definição de quais transformações espaciais devem ser aplicadas nas feições para a manutenção dos princípios da comunicação cartográfica.

O problema de visibilidade pode afetar um polígono por inteiro (comprimento de um lado de um polígono) ou parte de um polígono (comprimento do lado de um detalhe de um polígono). A transformação espacial necessária para a solução deste problema deve considerar essas características. Quando um dos lados do polígono

está abaixo do comprimento mínimo, a feição representada por este polígono é considerada imperceptível, e por isso, deve ser eliminada. Caso um detalhe na representação do polígono seja imperceptível, somente o detalhe deve ser eliminado. Para isso, definiu-se utilizar o operador de simplificação.

O problema de legibilidade apresenta características variadas, pois ele ocorre em grupos de duas ou mais feições. Este problema pode ser considerado com foco na condição de congestionamento e para quantificá-la utilizou-se a medida de densidade. Por exemplo, quantidade de edificações por quadra ou quantidade de edificações por m<sup>2</sup>. A transformação espacial para solucionar esta condição é a união das edificações. O operador correspondente á esta transformação é o operador de amalgamação. Ressalta-se que o congestionamento ocorre devido à quantidade de edificações residenciais representadas em uma área. Assim, esta transformação foi aplicada somente na classe de edificações residenciais. Do contrário, edificações de outras classes seriam representadas erroneamente como uma edificação residencial.

Outra abordagem para o problema de legibilidade é a condição de coalescência. A transformação necessária depende da localização das feições de interesse. Por exemplo, a condição pode ser detectada em uma edificação residencial devido à proximidade com uma edificação comercial. A solução pode ser o deslocamento desta residência até que a distância entre as feições seja considerada legível. Porém, este deslocamento pode resultar na sobreposição desta feição com outra feição vizinha. Assim, a operação de deslocamento só deve ser aplicada depois de uma análise do contexto espacial. Caso seja verificado que o deslocamento da feição de interesse resultará em outros problemas de representação deve ser aplicada outra transformação. Como a distância entre as feições é a causa do problema, o aumento do tamanho da feição de interesse até que esta esteja adjacente à feição vizinha pode ser a solução. O operador de exagero está relacionado a esta transformação. O QUADRO 15 apresenta as transformações espaciais e seus



respectivos os operadores de generalização, segundo os problemas de representação, medidas espaciais e características.

QUADRO 15 – TRANSFORMAÇÕES ESPACIAIS E OPERADORES DE GENERALIZAÇÃO SEGUNDO OS PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO

Problema	Medida espacial	Característica	Transformação	Operador
Visibilidade	Comprimento	Lado de um polígono	Eliminação	Eliminação
		Detalhe de um polígono	Detalhe eliminado	Simplificação
Legibilidade	Densidade	Quantidade de polígonos em uma área	União de feições	Amalgamação
	Distância	Distância entre polígonos	Deslocamento	Deslocamento
			Aumento no tamanho da feição	Exagero

FONTE: A autora (2019).

### 3.3.6. Ferramentas de análise espacial

O *software* QGIS disponibiliza uma série de ferramentas de análise espacial e de processamento que podem ser inseridas no sistema especialista. Há ferramentas que podem ser aplicadas na identificação dos problemas de representação e outras na solução destes problemas.

Como a base cartográfica de São José dos Pinhais é composta por dados no formato vetorial, somente funções que tratam destes dados foram verificadas e utilizadas. As ferramentas nativas do QGIS estão divididas em categorias com base na sua funcionalidade e estão localizadas na barra de ferramentas. Todas estas ferramentas foram analisadas e aplicadas em busca de opções que pudessem ser utilizadas diretamente na identificação e solução de problemas de representação e de quais opções poderiam ser empregadas em conjunto com outras para otimizar o sistema especialista. Na interface inicial destas ferramentas há uma breve descrição da sua funcionalidade, o que auxiliou na definição do seu uso.

O QGIS possui integração com duas bibliotecas de algoritmos de outros *softwares* de SIG: *System for Automated Geoscientific Analyses* (SAGA) e *Geographic Resources Analysis Support System* (GRASS). De modo que, também foi feita uma pesquisa com as ferramentas destes softwares. O QGIS ainda permite aos usuários o uso de diversos *plugins*, ferramentas adicionais ao software, que podem ser

incorporadas à barra de ferramentas. Deste modo foi realizada uma busca no repositório de plugins.

Devido à quantidade de plugins disponíveis na época da busca, 812 plugins, a verificação de quais ferramentas podem ser adicionadas ao sistema especialista foi feita com base em palavras chaves. Por exemplo, sabe-se que para a solução de problemas de visibilidade de detalhes na representação o operador de simplificação pode ser aplicado. Assim, no repositório de plugins foi realizada uma busca com a palavra relacionadas ao processo de generalização. Como resultados, dois *plugins* são apresentados, porém um é sinalizado como experimental, *plugins* que ainda estão em desenvolvimento, por isso seu uso não é recomendado. O outro plugin consiste em algoritmos que simplificam feições com base em parâmetros fornecidos pelo usuário. Outras palavras empregadas para busca foram distância, generalizar, união.

O *plugin Verificador de Topologia* foi aplicado para a edição da base cartográfica e para a detecção de sobreposições. Assim, esta ferramenta pode ser utilizada para a identificação de feições com problemas de legibilidade. Porém, o resultado é a simples indicação, na tela de visualização, dos erros existentes e das feições que contêm esses erros. Deste modo, esse *plugin* não foi integrado ao sistema especialista.

As funções de análise espacial que podem ser empregadas para auxiliar na detecção de problemas de representação são apresentadas no QUADRO 18, de acordo com sua categoria de ferramentas do QGIS. A função *Seleção por expressão* apenas cria uma seleção de feições com base em uma expressão em *Structured Query Language* – SQL (Linguagem de Consulta Estruturada), que corresponde a uma medida espacial. Por exemplo, com conhecimento dos campos da tabela de atributos, pode-se selecionar as edificações com área menor que 16 m<sup>2</sup>. No entanto, a ferramenta apenas seleciona as feições de acordo com a expressão: “area < 16”. Como nenhum arquivo é criado, esta função não foi considerada eficiente para detecção de problemas de representação com um sistema especialista, uma vez que um arquivo com a representação das feições imperceptíveis é importante para a sequência do processo.

QUADRO 16 – FUNÇÕES DE ANÁLISE ESPACIAL PARA DETECÇÃO PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO

CATEGORIA	SUBCATEGORIA	FUNÇÕES DE ANÁLISE ESPACIAL
Vetor	Seleção vetorial	Selecionar por expressão
		Extrair por atributo
		Extrair por localização

FONTE: A autora (2019)

A função *Extrair por atributo* cria uma nova camada com a representação somente das feições da camada original que correspondem a determinados valores de um campo da tabela de atributo. As feições extraídas correspondem ao resultado da aplicação de uma expressão em SQL. Quando aplicada de modo isolado, o usuário determina qual a camada de interesse, qual o campo da tabela de atributos será analisado, qual a operação será utilizada para a extração das feições (por exemplo: igualdade, maior, menor), e o valor a ser usado como base. Essa função foi adicionada ao sistema especialista para detecção de problemas de visibilidade.

A função *Extrair por localização* também cria um arquivo somente com as feições da camada original selecionadas com base no relacionamento espacial dessa camada com outra camada. Quando aplicada de modo isolado, o usuário deve indicar qual a camada de interesse e qual a camada adicional, a qual é analisada em relação aos dados originais, e determinar qual tipo de relacionamento deve ser utilizado para a análise. Esta ferramenta foi utilizada no sistema desenvolvido para detecção de problemas de legibilidade.

Outras ferramentas disponíveis no QGIS podem ser utilizadas para auxiliar na detecção dos problemas de representação quando aplicadas como uma sequência de operações. O QUADRO 17 apresenta essas ferramentas. Caso sejam aplicadas como ferramentas isoladas, não detectam problemas de representação, apenas apresentam resultados de análises espaciais. Por exemplo, a ferramenta *Buffer de distância fixa* cria um buffer nas feições de interesse com uma distância fixa. O resultado é somente um polígono em volta das feições correspondente ao valor mínimo de distância. O usuário precisa fazer a análise de cada feição para identificar possíveis violações da distância mínima, pois essa ferramenta não apresenta outros resultados.

QUADRO 17 – FERRAMENTAS DE ANÁLISE ESPACIAL ADICIONAIS DE PROCESSAMENTO PARA DETECÇÃO DE PROBLEMAS DE LEGIBILIDADE

CATEGORIA	SUBCATEGORIA	FERRAMENTAS
Vetor	Geoprocessamento	Buffer de distância fixa
		Interseção
		Recortar

FONTE: A autora (2019).

O resultado da aplicação da ferramenta *Interseção* é uma nova camada com base na sobreposição das feições indicadas pelo usuário. Semelhante a esta ferramenta, *Recortar* cria um arquivo a partir de cortes nos polígonos da camada de entrada utilizando polígonos de outra camada, indicadas pelo usuário. Quando tais ferramentas são aplicadas nas feições resultantes da aplicação do *Buffer*, o usuário pode localizar com facilidade as feições que caracterizam a condição de coalescência.

Para que este processo ocorra sem a intervenção do usuário, foi necessário estabelecer uma sequência de operações. Assim, após a utilização do *Buffer*, foi aplicada a ferramenta *Interseção*. Como resultado tem-se um novo arquivo com a representação de polígonos correspondentes a sobreposição das camadas de feições indicadas pelo usuário. Tais polígonos correspondem à proximidade excessiva entre as feições.

O problema de legibilidade ainda é caracterizado pela condição geométrica de congestionamento. Para sua detecção, foi utilizado a medida espacial de densidade. A aplicação desta medida demandou a aplicação de diversas ferramentas de processamento, apresentadas no QUADRO 18, segundo a subcategoria de funções do QGIS em que se encontram, sua respectiva descrição e na detecção de qual problema de representação foram utilizadas.

A identificação das feições com problemas de visibilidade se baseia no comprimento dos lados dos polígonos que representam as edificações. Para a análise automática do comprimento dos lados dos polígonos foi necessário desenvolver uma sequência de aplicação das ferramentas de processamento.

QUADRO 18 – FERRAMENTAS DE PROCESSAMENTO UTILIZADAS NO SISTEMA ESPECIALISTAS

Categoria	Subcategoria	Ferramentas de processamento	Descrição	Problema de representação
Vetor	Geometria	Centroide de polígonos	Cria uma camada de feições pontuais, gerada a partir do centro geométrico de cada polígono da feição de interesse	Legibilidade
		Polígonos para linhas	Converte feições de área para feições lineares (polilinha)	Visibilidade
		Explodir linhas	Converte uma camada polilinha em linhas únicas	Visibilidade
	Geoprocessamento	Diferença	Cria uma camada com as feições da camada original que são externas ou que sobrepõem parcialmente as feições da camada de interesse	Visibilidade
	Analisar	Contagem de pontos no polígono	Cria uma camada igual a camada de entrada, com adição de um campo na tabela de atributos, correspondente a número de pontos (NUMPOINTS) presentes em cada polígono da camada de entrada	Legibilidade

FONTE: A autora (2019).

Para a generalização de feições com problemas de visibilidade o QGIS disponibiliza três ferramentas correspondentes ao operador de simplificação: *Simplificar geometrias* (QGIS), *Line Simplification* (SAGA), *Generalize* (GRASS). A ferramenta de geometria, *Simplificar geometrias* e a ferramenta do SAGA utilizam o algoritmo de simplificação Douglas-Peucker, o algoritmo mais conhecido e adotado pelos *softwares* de SIG para simplificação de linhas, pois aborda as feições lineares de modo holístico, preservando suas características (MCMASTER e SHEA, 1992). A ferramenta de simplificação do GRASS disponibiliza seis algoritmos de simplificação, porém quando testado, não apresentou resultado. Deste modo, não fez parte do desenvolvimento do sistema especialista.

Para as soluções dos problemas de legibilidade há poucas ferramentas disponíveis. O QGIS disponibiliza a ferramenta *Dissolver*, que cria uma nova camada por meio da agregação de diversos polígonos adjacentes em uma única feição, com base em um campo da tabela de atributos em comum. Também está disponível a

ferramenta *Polygon dissolve by attributes* (SAGA), cujo processamento é similar à ferramenta do QGIS. Esta última foi utilizada como operador de amalgamação no sistema especialista, devido à problemas de processamento da ferramenta do QGIS.

Com relação ao operador de deslocamento, há um algoritmo do GRASS que corresponde a transformação espacial necessária para solução do problema de legibilidade. No entanto, assim como a ferramenta de simplificação, a interface da ferramenta indica que o processamento foi realizado, porém não há resultado. Nenhum arquivo foi criado. Como consequência, este operador não foi adicionado ao sistema especialista.

A análise das ferramentas disponibilizadas pelo QGIS e dos *plugins* resultou na definição de quais funções podem ser empregadas para a automatização da detecção dos problemas de representação e da generalização cartográfica. Devido às características de cada medida espacial utilizada foi necessário converter feições de área para feições lineares. Após a aplicação dos operadores, foi necessário converter as feições lineares para feições de área. Isto tornou o sistema mais robusto.

### 3.3.7. Projeto do sistema especialista

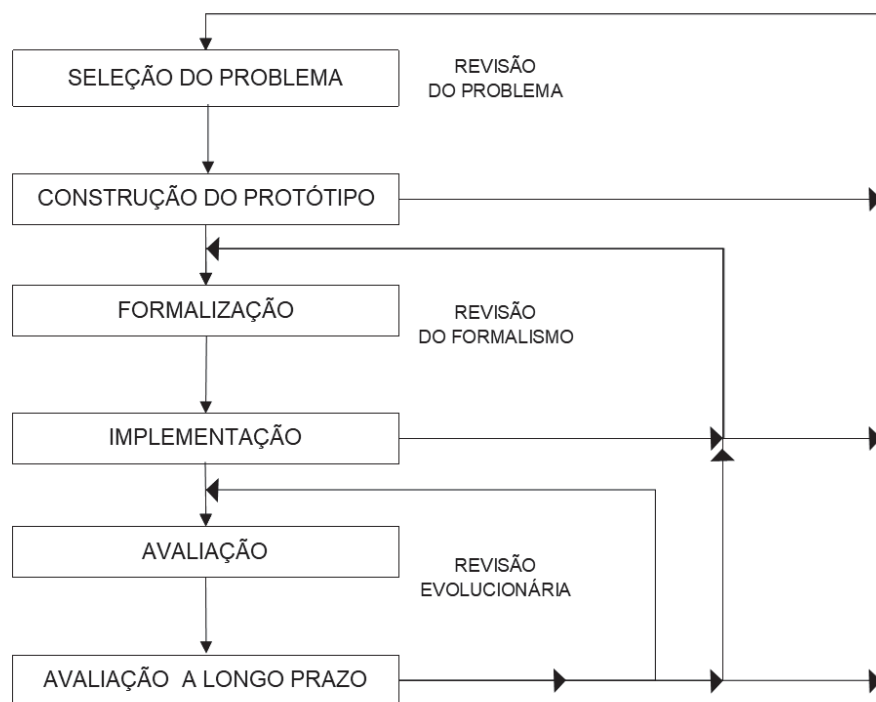
O sistema especialista foi planejado como um *plugin* do *software* QGIS, uma ferramenta adicional às ferramentas já disponíveis. Para tal, este foi desenvolvido com linguagem *Python*, utilizando o editor de código Notepad++, o editor gráfico QtDesigner e os *plugins*: Plugin Builder e Plugin Reloader. A primeira ferramenta cria arquivos necessários para o desenvolvimento de novos *plugins*, enquanto a segunda facilita a atualização do *plugin*.

O sistema especialista é baseado em regras de decisão relacionadas aos problemas de representação e às análises necessárias para a aplicação dos operadores de generalização. O processo tem início nas análises das feições, as quais são escolhidas pelo usuário. Após essa etapa, são aplicadas outras operações de reconhecimento e análise espacial para a aplicação dos operadores de generalização. Por exemplo, o usuário deseja analisar as edificações comerciais. Uma das feições dessa camada apresenta detalhes na sua representação com um dos

lados com menos de dois metros. O sistema, com base nessa regra, indica que nesta feição foi detectado o problema de visibilidade e aplica o operador de simplificação.

A FIGURA 39 ilustra um modelo geral iterativo e interativo sugerido por Rolston (1988) de um sistema especialista. Este modelo se inicia com a seleção do problema, que deve ser feita com base no domínio para qual o sistema deve ser construído. Para isto, deve-se avaliar os aspectos da detecção dos problemas de representação e da aplicação dos operadores de generalização quanto à formalização existente e a subjetividade. Após a seleção do problema, o passo seguinte é a formalização. Para esta pesquisa, a formalização consistiu na caracterização dos problemas de representação, com base nas condições geométricas e nos parâmetros gráficos, do relacionamento desses com as feições de interesse, dos operadores de generalização e das ferramentas de análise espacial e processamento disponíveis.

FIGURA 39 – MODELO DE CICLO DE VIDA DESENVOLVIDO PARA SISTEMAS ESPECIALISTAS

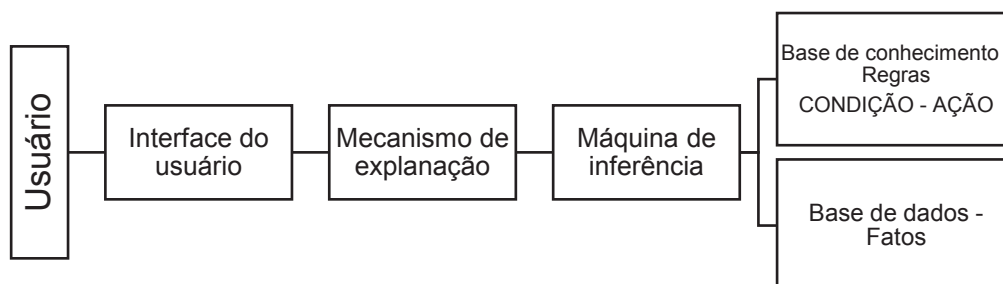


FONTE: ADAPTADO DE ROLSTON (1988).



Um sistema especialista tem cinco componentes: base de conhecimento, base de dados, máquina de inferência, mecanismo de explicação e a interface do usuário (FIGURA 40). A base de conhecimento contém o domínio do conhecimento necessário para resolver o problema. Tal conhecimento é representado por um conjunto de regras, que tem a estrutura de condição-ação. A base de dados inclui fatos que são usados para contrariar as condições salvas na base de conhecimento. A máquina de inferência é responsável pelo raciocínio do sistema para alcançar a solução, por meio do relacionamento das regras com os fatos. O mecanismo de explicação permite ao usuário saber como o sistema determinou uma solução. A interface do usuário é o meio de comunicação do usuário com o sistema especialista (NEGNEVITSKY, 2005).

FIGURA 40 – ESTRUTURA BÁSICA DE UM SISTEMA ESPECIALISTA BASEADO EM REGRAS DE DECISÃO



FONTE: Adaptado de NEGNEVITSKY (2005).

O objetivo desta pesquisa é a identificação de problemas de representação que demandam generalização e sua possível solução, por isso o sistema especialista deve indicar quais feições apresentam problemas, quais ferramentas podem ser aplicadas como resolução e, por fim, deve aplicar os operadores de generalização. Enquanto o problema de visibilidade se refere às feições individuais de apenas uma classe, o problema de legibilidade é condicionado a duas ou mais feições da mesma classe ou de classes distintas. Devido a estas características, optou-se por desenvolver sistemas separados para a detecção de cada problema. O desenvolvimento de sistemas separados é uma solução mais flexível do que um sistema único desenvolvido para identificação e resolução de todos os problemas de representação, que poderia ser difícil de aprimorar (SAVINO, 2011).

Ainda referente ao problema de legibilidade, este pode ser detectado com base nas condições geométricas de coalescência e congestionamento. Como tais condições são caracterizadas por medidas espaciais diferentes, optou-se pela criação de dois sistemas especialistas para este problema. Deste modo, foram desenvolvidos três sistemas especialistas nesta pesquisa.

Cada sistema especialista cria arquivos, referentes ao resultado de cada ferramenta aplicada, de acordo com as características dos problemas de representação. Para o problema de visibilidade, no qual o parâmetro é comprimento do lado e comprimento dos detalhes do polígono, o sistema gera arquivos diferentes com feições lineares e feições de área, e altera a tabela de atributos com os dados criados pelo processamento. Para o problema de legibilidade, em que os parâmetros são distância entre feições e densidade, os arquivos resultantes apresentam feições de área e pontuais. Muitos arquivos não são adicionados à tela de visualização, pois são resultados de etapas intermediárias do processamento.

Os arquivos referentes aos resultados do processamento são automaticamente adicionados à tela de visualização com simbologia aleatória. Para representar as feições com problemas de representação de modo que estas se destaquem da simbologia padrão (QUADRO 12), foram definidos os padrões apresentados no QUADRO 19. Para isso, foram indicados arquivos com esta simbologia para o carregamento do arquivo criado. Por serem arquivos próprios de camada do QGIS sua terminação é qml.

QUADRO 19 – CARACTERÍSTICAS DA SIMBOLOGIA EMPREGADA PARA FEIÇÕES COM PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO

Feição	Descrição	Cor	RGB	Tamanho	Espessura	Contorno
Pontual	-	Ciano	0,255,255	3	-	-
Linear	Linhas eliminadas	Vermelho	255, 0, 0	-	0,30	-
De área	Áreas eliminadas	Vermelho coral	255, 70, 70	-	-	-
De área	Áreas com problema de representação	Ciano	0,255,255	-	-	-

FONTE: A autora (2019)

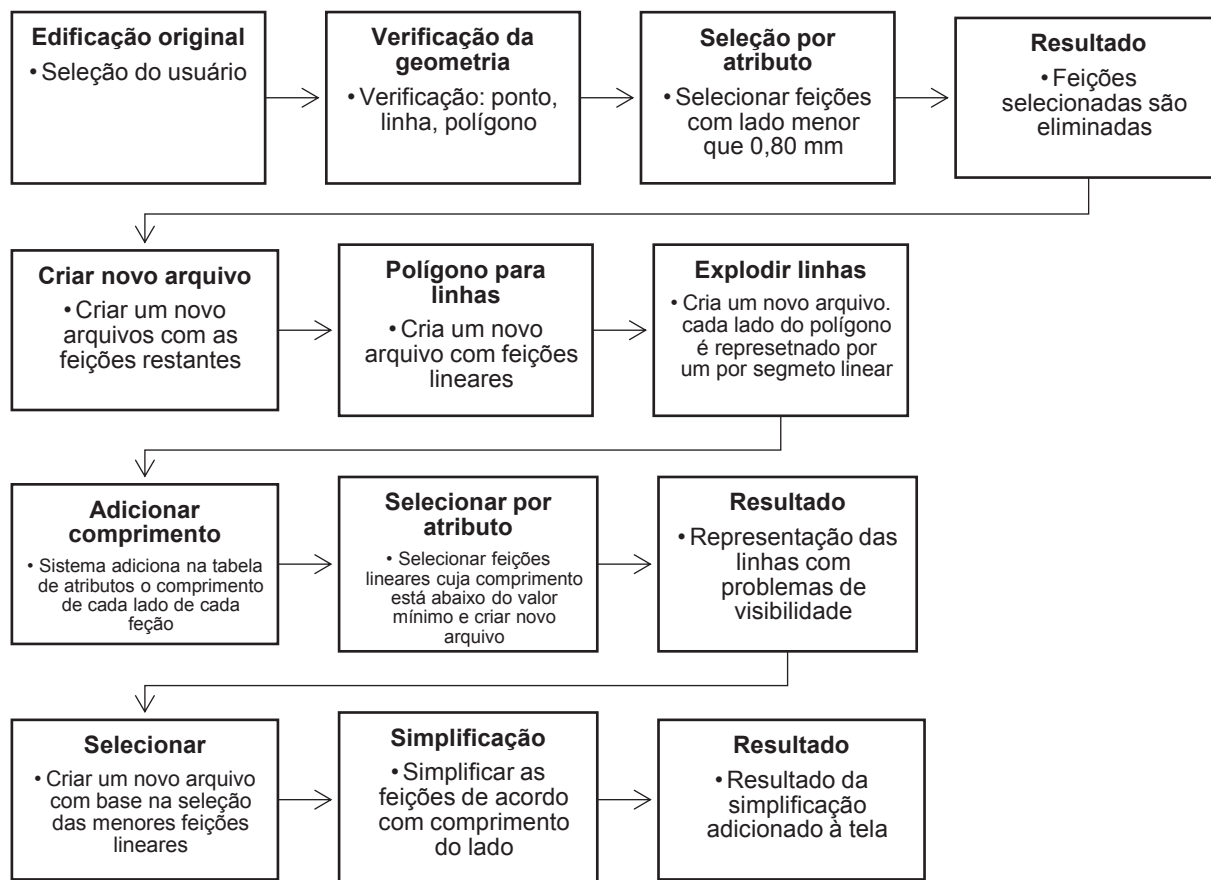
Conforme mencionado, optou-se pelo desenvolvimento de sistemas especialistas distintos para a detecção de cada problema. A abordagem utilizada em cada sistema e suas características são apresentadas a seguir.

#### 3.3.7.1. Sistema especialista – Visibilidade

O diagrama ilustrado pela FIGURA 41 apresenta a sequência de processamento do sistema especialista desenvolvido para detectar o problema de visibilidade e aplicar a generalização. Cada retângulo é um componente do sistema. A primeira ação do sistema especialista é a verificação da geometria da camada definida pelo usuário, pois o sistema só identifica problemas de visibilidade para feições de área. Caso uma camada de feições lineares ou pontuais seja escolhida, por meio de uma mensagem, o sistema indica que somente feições de área devem ser selecionadas. Os valores utilizados para a seleção das feições são baseados nos resultados dos testes de percepção visual desenvolvidos nesta pesquisa.

A segunda ação do sistema consiste na seleção das feições cujo comprimento do lado seja menor do que a dimensão mínima considerada legível. Isso é feito com base na área da feição. Como um polígono não pode ter lados menores do que o mínimo, é possível estabelecer um valor mínimo de área. Um novo arquivo com estas feições é criado e adicionado à tela de visualização, com a simbologia definidas para feições que devem ser eliminadas (QUADRO 19). As feições restantes são convertidas para linhas. Deste modo o comprimento de cada lado de cada feição linear é adicionado a tabela de atributos. As menores linhas, baseado no comprimento mínimo de um lado de um detalhe em uma feição de área, são selecionadas e destacadas das demais (QUADRO 19). As feições de área referentes a estas linhas são simplificadas, com o algoritmo Douglas-Peucker. O resultado é adicionado a tela.

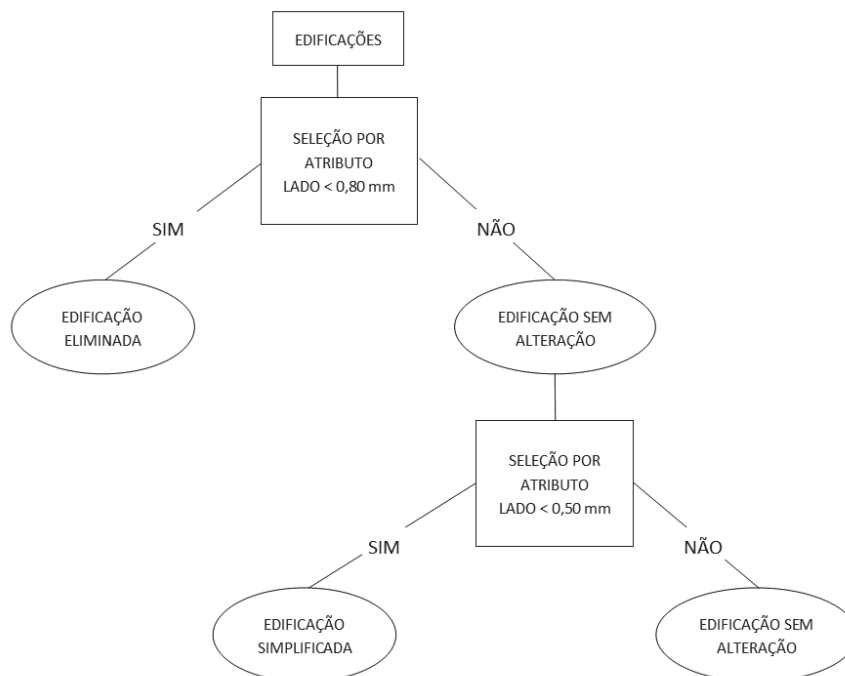
FIGURA 41 – DIAGRAMA DO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DO PROBLEMA DE VISIBILIDADE



FONTE: A autora (2019).

A árvore de decisão referente ao este sistema especialista é apresentada na FIGURA 42. Na classe de edificações determinada pelo usuário é aplicada a ferramenta *Seleção por atributo*, para a identificação de quais feições podem ser eliminadas na escala reduzida. Com base na dimensão mínima considerada legível, tem-se que polígonos com lados menores que quatro metros não são visíveis na escala 1:5.000. Assim, um polígono com área menor que 16 m<sup>2</sup> pode ter mais de um lado com comprimento abaixo do que o mínimo visível. Portanto, deve ser eliminado. Em seguida, outra regra é aplicada nas edificações restantes referente ao comprimento dos lados dos detalhes dos polígonos. Este valor deve ser menor que 2,5 metros. Com base nisto, o operador de simplificação é aplicado. O QUADRO 20 apresenta as regras empregadas neste sistema especialista. Os valores utilizados como parâmetros gráficos não podem ser alterados pelo usuário, pois são valores considerados limites para a visibilidade das feições.

FIGURA 42 – ÁRVORE DE DECISÃO DO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DA IMPERCEPTIBILIDADE E APLICAÇÃO DA SIMPLIFICAÇÃO



FONTE: A autora (2019).

QUADRO 20 – REGRAS DO SISTEMA ESPECIALISTAS - VISIBILIDADE

Medida	Dimensão mínima	Regra	Operadores
Comprimento do lado de uma edificação	0,80 mm	Área < 16 m <sup>2</sup>	Eliminação
Comprimento do lado de um detalhe de uma edificação	0,50 mm	Comprimento < 2,50 m	Simplificação

FONTE: A autora (2019).

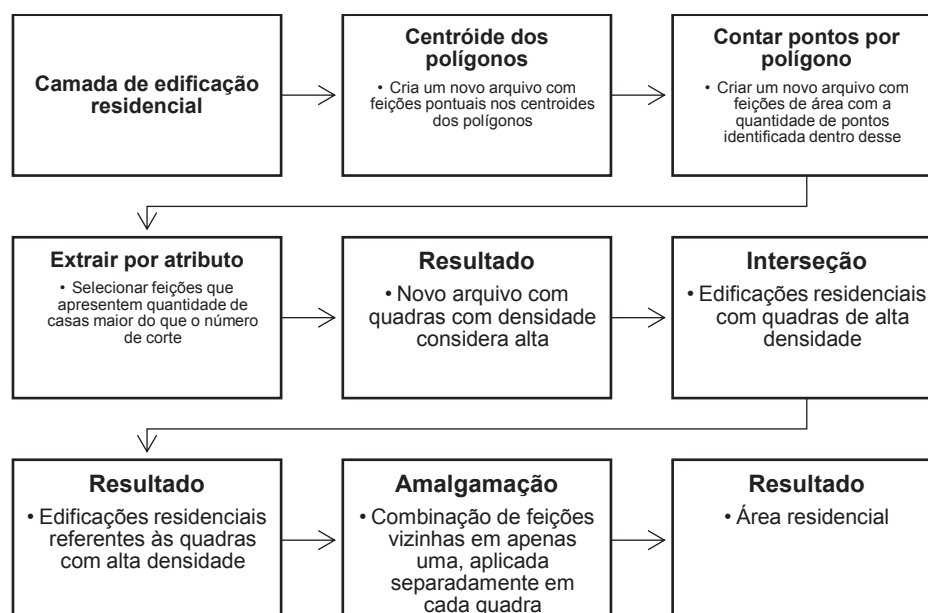
O sistema desenvolvido para a detecção do problema de visibilidade e da generalização das feições envolvidas está no Apêndice 10.

### 3.3.7.2. Sistema Especialista – Legibilidade – Congestionamento

O diagrama ilustrado pela FIGURA 43 apresenta a sequência de processamento do sistema especialista desenvolvido para detecção e solução do problema de legibilidade decorrente da existência da condição geométrica de congestionamento. Para detectar esta condição recomenda-se o uso da medida espacial de densidade, pois esta medida deve ser aplicada quando há aglomeração

de feições (MACKANESS e RUAS, 2007). Para tal, pode-se ter como parâmetro a quantidade de edificações por quadra ou a quantidade máxima de edificações por hectare. Esse último exemplo é utilizado como parâmetro de uso e ocupação do solo pela Prefeitura Municipal de São José dos Pinhais (ANEXO 2). Os valores de densidade residencial do QUADRO 21 foram determinados de acordo com a densidade residencial máxima permitida para cada região. Como resultado, são gerados arquivos com a representação das quadras com alta densidade de residências, arquivos com as residências existentes em cada uma dessas quadras e o resultado da aplicação do operador de generalização.

FIGURA 43 – DIAGRAMA DO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DO PROBLEMA DE LEBIGILIDADE – CONGESTIONAMENTO



FONTE: A autora (2019)

QUADRO 21 – DENSIDADE RESIDENCIAL POR HECTARE POR BAIRROS

Bairro	Densidade residencial máxima (unidade habitacional/hectare)	
Águas Belas	250	Altíssima
Centro	250	Altíssima
Parque da Fonte	250	Altíssima
Roseira de São Sebastião	56	Baixa
São Cristovão	250	Altíssima

FONTE: A autora (2019).



No entanto, os valores de densidade são calculados com base nas zonas do município. Como nesta pesquisa, os dados e questões de zoneamento não foram abordados, definiu-se a o valor de densidade residencial baixa como padrão para a aplicação do sistema.

O usuário deve selecionar as camadas referentes às edificações residenciais e as quadras do bairro que deseja analisar. A primeira etapa consiste em gerar um arquivo somente com os centroides de todas as feições. Em seguida é aplicada a função '*Contar pontos por polígono*' na camada referente às quadras. Como resultado, uma coluna na tabela de atributos 'casas' é criada com a quantidade de feições por quadra. A ferramenta *Extrair por Atributo* cria um arquivo com a representação das quadras, com base na expressão SQL abaixo.

$$dens > densidade\ máxima\ permitida$$

O valor para 'densidade' está determinado no sistema, não há como o usuário inserir outro valor. As quadras que apresentam um número de residências maior do que valor utilizado como parâmetro são adicionadas à tela de visualização com uma simbologia definida no QUADRO 19. Um novo arquivo com as edificações residenciais existentes nestas quadras é criado como resultado de uma interseção. Em seguida, o operador de amalgamação é aplicado nas feições adjacentes de acordo com o número da quadra.

A FIGURA 44 ilustra a árvore de decisão que representa a operação do sistema especialista para detectar a condição de congestionamento e aplicar o operador de amalgamação. Na classe de edificações residenciais selecionada pelo usuário, com base na classe de quadras do respectivo bairro e com o parâmetro de densidade, as residências são selecionadas e generalizadas. Caso contrário, as edificações residenciais não sofrem alterações.

FIGURA 44 – ARVORE DE DECISÃO PARA A DETECÇÃO DO CONGESTIONAMENTO E APLICAÇÃO DA GENERALIZAÇÃO



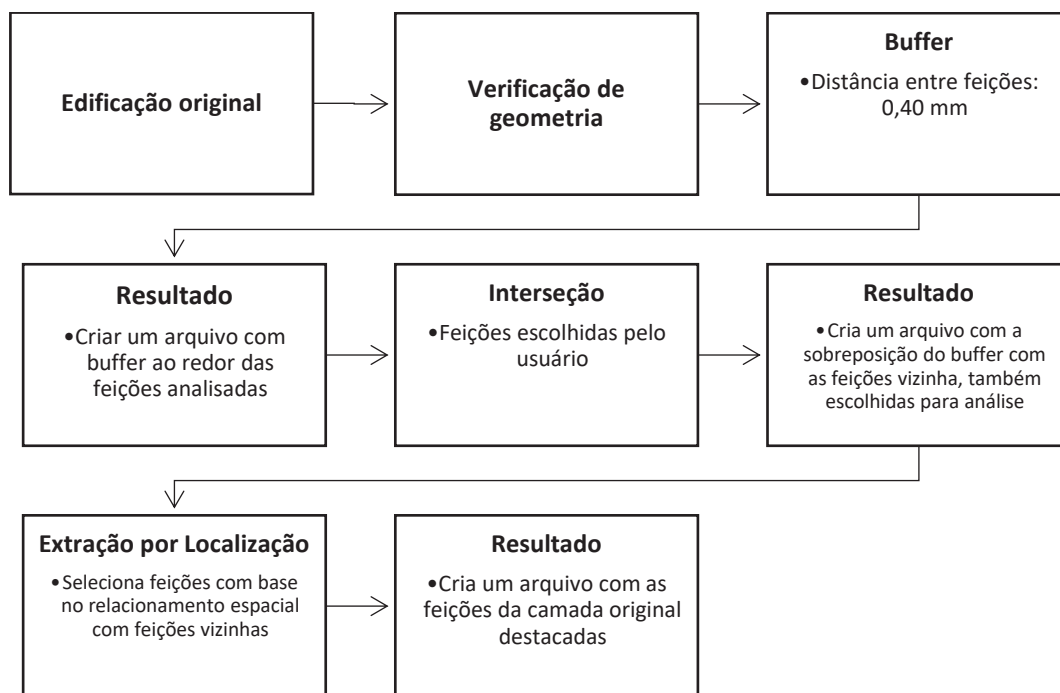
FONTE: A autora (2019).

O sistema desenvolvido para a detecção do problema de legibilidade e generalização das feições com a condição de congestionamento está no Apêndice 11.

### 3.3.7.3. Sistema Especialista – Legibilidade – Coalescência

A FIGURA 45 apresenta a sequência de processamento do sistema especialista desenvolvido para detectar a condição de coalescência. As ferramentas de análise espacial para a identificação desta condição são: *Buffer* e *Interseção*. O buffer aplicado tem valor baseado na distância mínima perceptível para a escala 1:5.000, referente ao resultado dos testes de percepção visual. O parâmetro de distância está inserido no sistema especialista, assim o usuário não tem opção de alterar este valor. A ferramenta *Interseção* auxilia na identificação de quais feições existe a condição de coalescência, por meio da sobreposição do resultado do buffer com as feições vizinhas, também escolhida pelo usuário. O resultado é adicionado à tela de visualização. A ferramenta *Extração por Localização* é aplicada para que, com base análise do relacionamento espacial das feições, as edificações originais que contribuem para o problema de legibilidade sejam destacadas.

FIGURA 45 – DIAGRAMA DO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DO PROBLEMA DE LEBIGILIDADE – COALESCÊNCIA



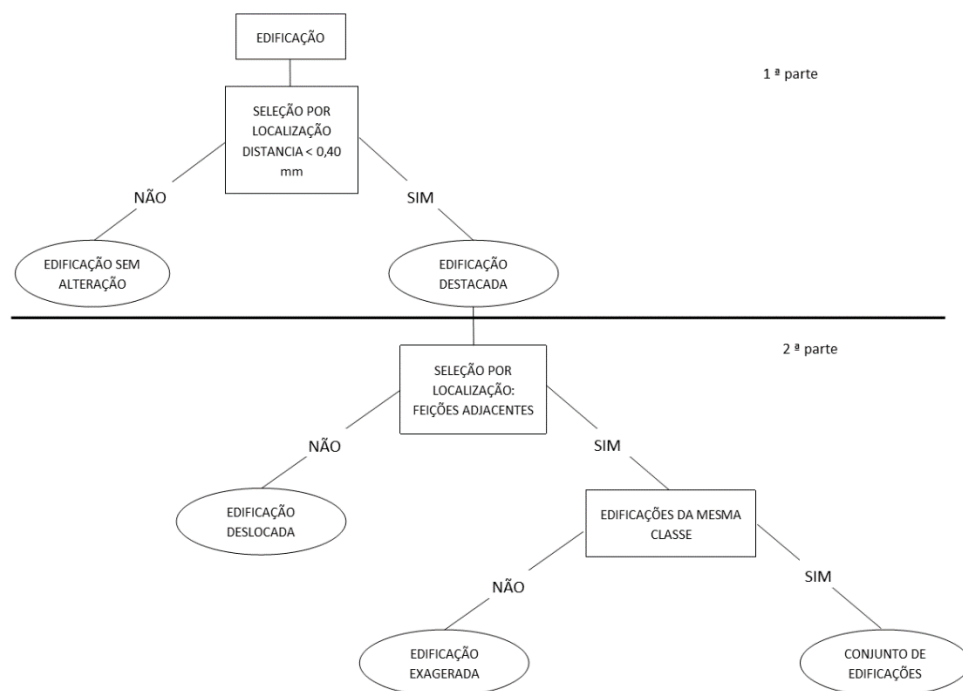
FONTE: A autora (2019).

A FIGURA 46 ilustra a árvore de decisão que representa como o sistema especialista opera para detectar a condição de coalescência. O processamento pode ser dividido em duas partes. Em um primeiro momento, na carta reduzida, seleciona-se uma camada de edificações, na qual é aplicada a ferramenta *Seleção por Localização*. Caso as medidas efetuadas pelas ferramentas apresentem valores abaixo do valor mínimo, as edificações são destacadas das demais. Caso contrário, as feições não sofrem alterações.

Em seguida, as ferramentas são aplicadas somente naquelas feições que foram destacadas na primeira parte. A ferramenta *Seleção por Localização* é aplicada nessas feições. Com base no relacionamento espacial entre as feições de interesse e as feições vizinhas são aplicados os operadores. Caso não existam edificações adjacentes à feição destacada, esta pode ser deslocada. O deslocamento deve ser corresponde ao valor considerado mínimo para que a distância entre feições seja legível. A feição destacada pode estar em uma região densamente edificada, deste modo o sistema deve analisar quais as classes das feições adjacentes. Na hipótese de uma edificação adjacente ser da mesma classe, deve ser aplicado o operador de amalgamação, para a criação de um bloco de edificações, seja residencial, comercial ou industrial. Caso seja de uma classe diferente, deve ser aplicado o operador de

exagero, de modo que a feição de interesse tenha seu tamanho aumentado até ficar adjacente àquela feição vizinha da camada definida pelo usuário. Com isso, a distância entre as feições, que caracteriza a condição de congestionamento, seria eliminada.

FIGURA 46 – ARVORE DE DECISÃO PARA A DETECÇÃO DO COALESCÊNCIA E APLICAÇÃO DA GENERALIZAÇÃO



FONTE: A autora (2019).

A formalização das regras para aplicação dos operadores de deslocamento e exagero se mostraram complexas para as ferramentas existentes e para a abordagem adotada. Assim, estes não foram implementados. O sistema desenvolvido para a detecção do problema de legibilidade com a condição de coalescência está no Apêndice 12.

### 3.3.8. Critérios de Visibilidade e Legibilidade

A verificação das feições generalizadas tem como objetivo assegurar a qualidade visual da carta topográfica após o processamento dos sistemas

especialistas. Essa verificação também permite adquirir mais conhecimento a respeito do processo de generalização cartográfica e da abordagem utilizada.

Stoter et al. (2009) afirmam que a verificação visual de uma carta topográfica generalizada pode ser feita por critérios de legibilidade e de visibilidade. O aspecto de legibilidade indica se o resultado é bom ou ruim com base em uma análise visual da carta impressa para verificação da existência dos problemas de representação. Caso existam problemas de representação, o resultado é considerado ruim e os sistemas especialistas devem ser aplicados de novo. O critério de visibilidade consiste na análise das medidas das feições generalizadas para verificação do tamanho. Por exemplo, uma edificação generalizada pode apresentar um detalhe com comprimento abaixo do valor considerado visível. Isto indica que a aplicação do sistema especialista para visibilidade não foi satisfatória.

## 4. RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados da edição da base cartográfica, da redução geométrica da escala, da identificação visual dos problemas de representação, da análise e aplicação das ferramentas e *plugins* de análise espacial, os experimentos desenvolvidos para o sistema especialista e os resultados da aplicação deste.

### 4.1. PREPARAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA

Diversos problemas detectados na base cartográfica de São José dos Pinhais são decorrentes da nomenclatura dos níveis das feições. A verificação da antiga tabela de padronização da simbologia da CTCG (ANEXO 2) resultou na renomeação das feições empregadas nesta pesquisa e na alteração da simbologia de acordo com a nova proposta. Visto que algumas feições que apresentam problemas de nomenclatura não estão presentes na simbologia proposta por Sluter et al (2018) tais arquivos foram apenas renomeados com base na feição representada. Por exemplo: como Divisa Distrital e Toponímia; Perímetro Urbano e Divisa de Parques, e Reserva/Toponímia.

O *plugin* OpenLayers do QGIS foi utilizado para solucionar o problema de edificações representadas em desacordo com o limite de propriedade com a via urbana. Com esta ferramenta foi possível visualizar imagens do Google Earth para verificação da existência e da localização aproximada das edificações, como retrata a FIGURA 47. Neste exemplo, foi constatado que a edificação era inexistente e, por isso, foi eliminada. Esta ferramenta também foi utilizada para verificar a existência de edificações representadas como feições lineares que não correspondem a todas as feições de área. Feita a verificação e confirmado sua inexistência, a feição linear foi eliminada.

FIGURA 47 – UTILIZAÇÃO DE IMAGENS DE SATÉLITE PARA VERIFICAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DE UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL



FONTE: A autora (2019).

Os vértices adicionais fora da representação das feições de área e a sobreposição de feições de classes diferentes consistiu na eliminação dos vértices e dos polígonos que se sobrepõem a outros, por meio da *Ferramenta de nós*. A sobreposição de feições de classes diferentes também foi resolvida com auxílio do *plugin* OpenLayers e com a ferramenta do GoogleMaps, Street View. Este recurso possibilita a visão panorâmica das ruas e, assim, foi possível verificar a existência e a correta localização de edificações industriais, comerciais, públicas e residenciais.

Caso exista um problema de geometria em uma camada de feições analisada pelo sistema especialista, este não terá resultados. Assim, também foi feita a verificação da geometria das feições. Para tal, foi utilizado a ferramenta *Verificar a validade*, cujo objetivo é realizar uma verificação da validade da geometria de uma camada de feições. Os resultados são arquivos adicionados a tela de visualização com a representação das feições com geometrias válidas e inválidas. Na tabela de atributos das feições inválidas há indicação de qual problema existe em cada feição (FIGURA 48). A FIGURA 49 ilustra o resultado da aplicação desta ferramenta para as feições residenciais do Bairro Centro. Foram identificadas feições válidas e inválidas. As feições com geometria inválidas foram identificadas e apagadas para a aplicação do sistema especialista. As feições com vértices duplicados foram corrigidas. Com esta ferramenta foi verificada que as camadas referentes às edificações escolares de todos os bairros apresentam geometria inválida não reconhecida pelo *software*. Assim, estas feições não foram analisadas com o sistema especialista. A verificação da geometria também pode ser realizada com o *plugin* Verificador de topologia.



FIGURA 48 – TABELA DE ATRIBUTOS DE FEIÇÕES INVÁLIDAS

Saída inválida :: Feições de totais: 94, filtrado: 94, selecionado: 1

	area	ID_1	_errors
1	5.98780	5	Tipo de geometria desconhecida 0
2	10.72600	7	Tipo de geometria desconhecida 0
3	20.10000	8	segmentos 0 e 2 da linha 0 intercepta em 680765.755273, 7173509.91533
4	0.10300	25	Tipo de geometria desconhecida 0
5	0.94090	57	Tipo de geometria desconhecida 0
6	0.07860	132	Tipo de geometria desconhecida 0
7	0.16500	138	Tipo de geometria desconhecida 0
8		167	Tipo de geometria desconhecida 0
9		267	Tipo de geometria desconhecida 0
10	0.00830	334	Tipo de geometria desconhecida 0
11	0.20850	345	linha 0 contém 1 nó duplicado em 1
12	0.09420	514	Tipo de geometria desconhecida 0
13	0.01660	688	Tipo de geometria desconhecida 0

FONTE: A autora (2019).

FIGURA 49 – RESULTADO DA APLICAÇÃO DA FERRAMENTA VERIFICAÇÃO DA VALIDADE DE GEOMETRIA – EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS BAIRRO CENTRO

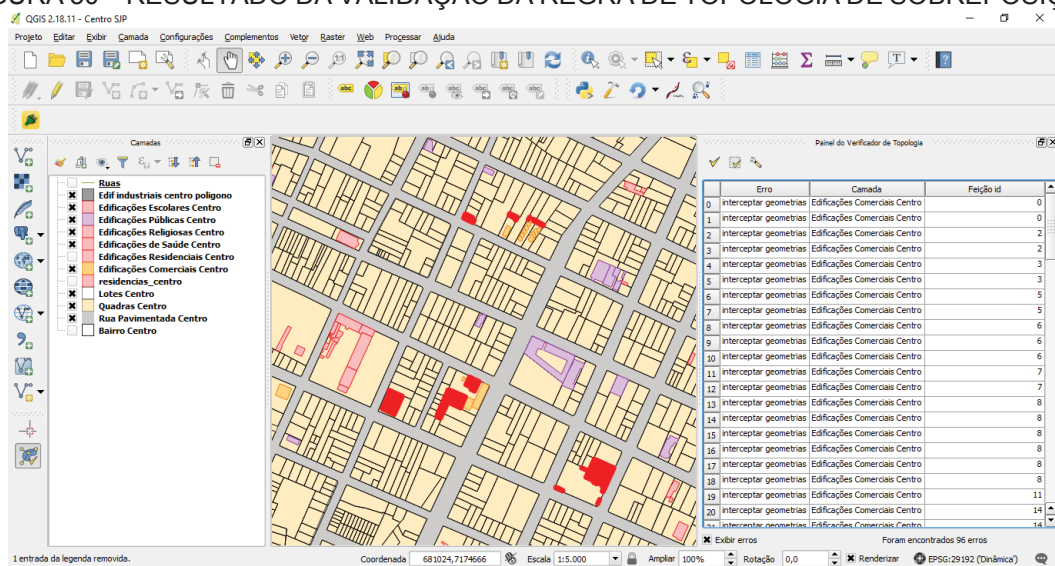


FONTE: A autora (2019)

Na FIGURA 50 está o resultado da validação da regra de topologia referente a sobreposição. Foram encontrados 96 erros, destacados pela cor vermelha. Este tipo de erro, no qual o limite do polígono não coincide com o limite de propriedade, foi o tipo de problema mais frequente detectado nas áreas de estudo. A FIGURA 51 ilustra a representação equivocada de uma edificação comercial com limites de propriedades

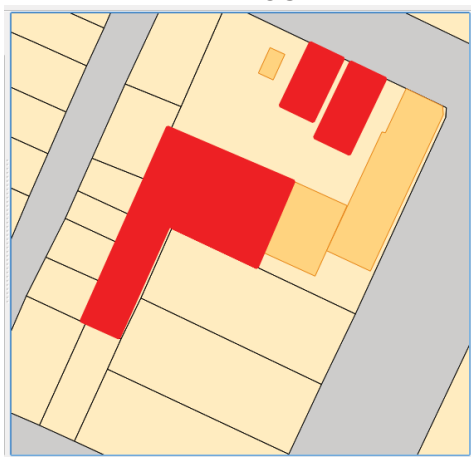
de lotes vizinhos, numa escala maior para facilitar a visualização. Neste caso, a feição foi movida, com auxílio da ferramenta *Mover feição*, disponibilizada quando a edição do *software* está habilitada, até que a linha de contorno do polígono da feição coincida com o limite de propriedade. A ferramenta *Verificar validade* também pode ser utilizada para verificar a geometria das feições e a existência de feições duplicadas ao analisar uma classe.

FIGURA 50 – RESULTADO DA VALIDAÇÃO DA REGRA DE TOPOLOGIA DE SOBREPOSIÇÃO



FONTE: A autora (2019)

FIGURA 51 – VISUALIZAÇÃO DA SOBREPOSIÇÃO DA EDIFICAÇÃO COMERCIAL COM LOTES VIZINHOS



FONTE: A autora (2019).

Ainda se fez necessária a edição da tabela de atributos de cada classe para sua utilização no sistema especialista. Esta etapa consistiu na criação de duas colunas: 'ID' e 'Classe'. A primeira coluna identifica a feição por um número e pode

ser utilizada em diversas análises espaciais, enquanto a segunda coluna indica a qual classe pertence a feição. Quando uma classe é analisada em conjunto com outra, o sistema especialista deve analisar a tabela de atributos para ter esse conhecimento.

#### 4.2. REDUÇÃO GEOMÉTRICA E DETECÇÃO VISUAL DOS PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO

A redução geométrica da escala consiste na mudança da escala da base cartográfica, alterando-a de 1:2.000 para 1:5.000. A FIGURA 52 apresenta um recorte da base cartográfica de São José dos Pinhais, do bairro Centro, na escala original 1:2.000 (a) e na escala reduzida 1:5.000 (b). A simbologia não foi alterada.

FIGURA 52 – RECORTE DA BASE CARTOGRÁFICA DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS



(a)



(b)

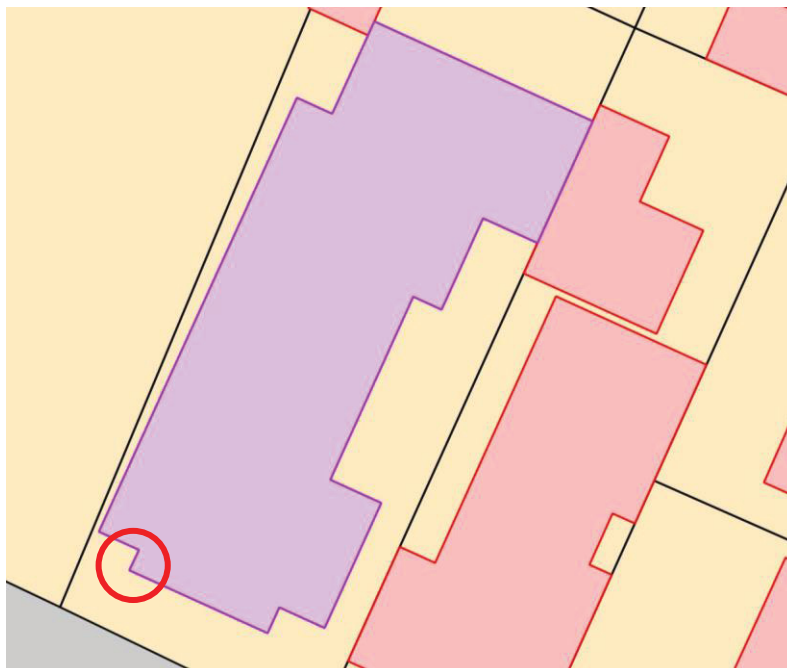
FONTE: A autora (2019).

A alteração na escala é necessária para a aplicação da avaliação cartométrica. Os problemas de representação identificados nesta avaliação são utilizados como indicadores da necessidade de generalização cartográfica. Por exemplo, o comprimento de um detalhe de uma edificação pública, destacado na FIGURA 53 diminuiu de 0,742 mm para 0,297 mm, o que resulta na condição de imperceptibilidade. A FIGURA 53 está na escala 1:500 para facilitar a visualização.

A FIGURA 54 apresenta os problemas de legibilidade e visibilidade em uma área da carta topográfica na escala 1:5.000. O exemplo 1 consiste em duas feições muito próximas, o que dificulta a leitura dos dados no lote em questão. A proximidade excessiva entre feições também resulta em problemas de leitura no exemplo 2. Neste contexto, há dificuldade de se ver o espaço entre as feições o que dificulta a quantificação das feições e, até mesmo, a localização do limite de propriedade. Tanto o exemplo 1 quanto o 2 foram caracterizados como problemas de legibilidade. O exemplo 3 é referente ao problema de visibilidade. A feição em questão apresenta diversos detalhes na sua representação. Porém, alguns desses detalhes não são claramente visíveis. As feições sinalizadas com número 4 também configuram o problema de visibilidade. Nesse caso, a feição não é visível devido ao tamanho do lado do polígono que a representa.

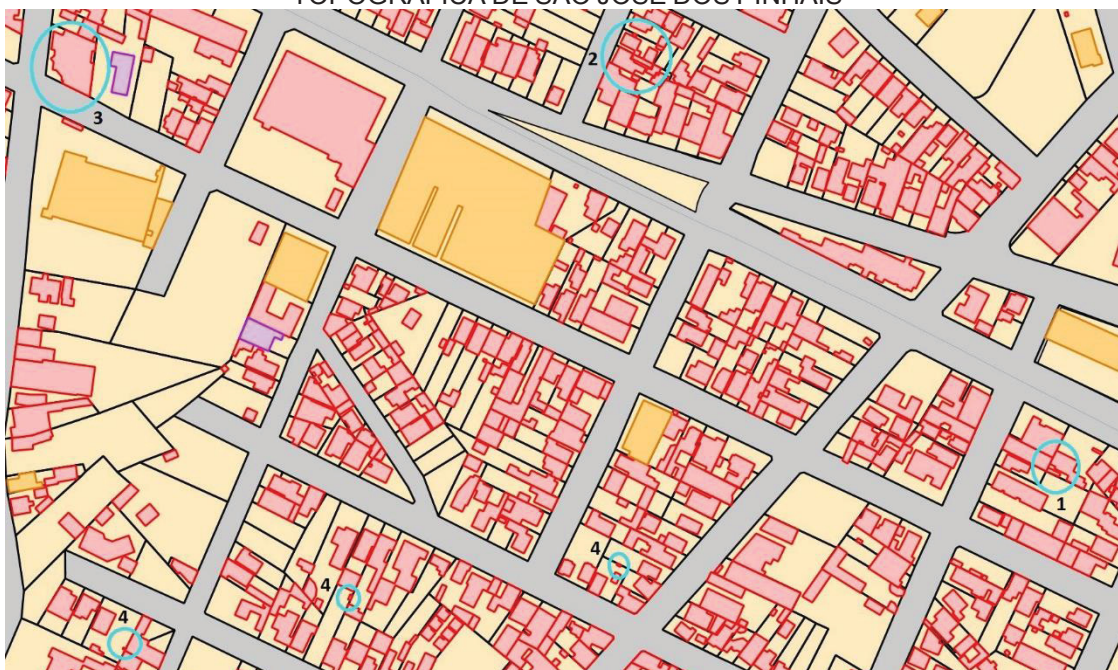


FIGURA 53 – EDIFICAÇÃO PÚBLICA COM A CONDIÇÃO DE IMPERCEPTIBILIDADE



FONTE: A autora (2019)

FIGURA 54 – IDENTIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO NA CARTA TOPOGRÁFICA DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS



FONTE: A autora (2019).

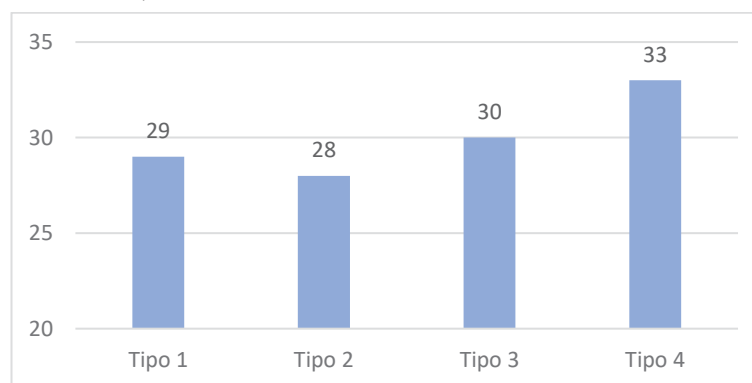
### 4.3. TESTES DE PERCEPÇÃO VISUAL

Neste item são apresentados os resultados dos testes de percepção visual. Optou-se pela apresentação dos dados referentes aos participantes, seguido dos resultados dos experimentos relativos à percepção visual.

#### 4.3.1. Participantes

Um total de 132 pessoas participaram desta pesquisa. Os testes foram distribuídos de modo que cada cor referente às feições de área (QUADRO 10) tivesse o mesmo número de participantes, 33 para cada tipo de teste. No entanto, doze participantes não responderam todas as questões e, por isso, foram removidos da análise final. Assim, o número final de testes analisados foi 120, isto inclui 43 mulheres e 77 homens. Os dados apresentados aqui são referentes a este número final, 120. O teste foi apresentado em folhas A4, com símbolos conforme as recomendações de Sluter et al (2018). O GRÁFICO 1 apresenta a distribuição dos participantes conforme a simbologia das edificações.

GRÁFICO 1 – QUANTIDADE DE PARTICIPANTES X TIPOS DE TESTES







FONTE: A autora (2019).

Os participantes responderam um questionário com perguntas relacionadas à visão tal como a existência de algum problema, e se este existe, qual é o problema. Caso usasse óculos ou lente de contatos, isto também deveria ser indicado, assim como a realização de cirurgias para correção de problemas de visão. Houve dois casos de daltonismo, porém um dos participantes daltônicos não respondeu todas as

questões do teste, de modo que foi desconsiderado na análise final dos resultados. O outro participante teve seu teste analisado separadamente, porém seus resultados não divergiram dos outros.

Na TABELA 3 são apresentados os números referentes à quantidade de participantes que se identificam com os gêneros masculino e feminino, e a quantidade de participantes com problemas de visão, de acordo com o tipo de teste apresentado ao participante.

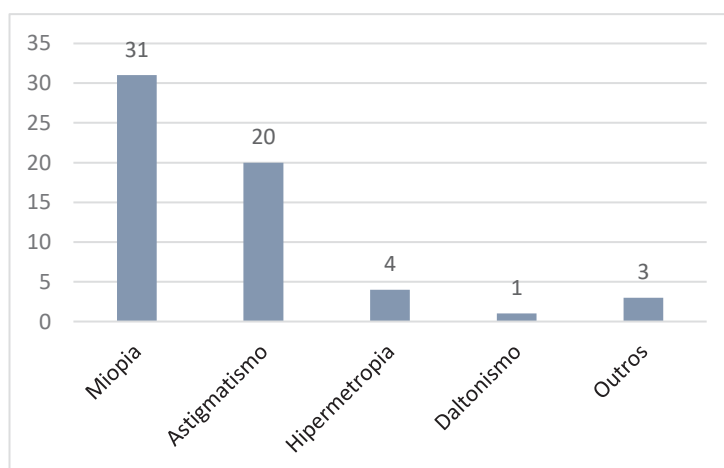
TABELA 3 – QUANTITATIVO DE USUÁRIOS PARTICIPANTES NO TESTE DE PERCEPÇÃO VISUAL

Teste	Gênero		Problemas de visão	Total
	Feminino	Masculino		
Tipo 1 	15	14	21	29
Tipo 2 	10	18	10	28
Tipo 3 	10	20	12	30
Tipo 4 	8	25	10	33
				120

Fonte: A autora (2019)

O GRÁFICO 2 apresenta a quantidade de participantes, que responderam todas as questões, segundo os problemas de visão indicados. Treze participantes indicaram que possuem dois problemas de visão: astigmatismo e miopia.

GRÁFICO 2 – QUANTIDADE DE PARTICIPANTES X PROBLEMAS DE VISÃO



FONTE: A autora (2019).

A TABELA 4 apresenta os números de participantes com problemas de visão de acordo com a simbologia testada.



TABELA 4 – QUANTIDADE DE PARTICIPANTES COM PROBLEMAS DE VISÃO SEGUNDO TIPOS DE TESTE

Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4	Problemas visuais (total)
21	10	12	10	53

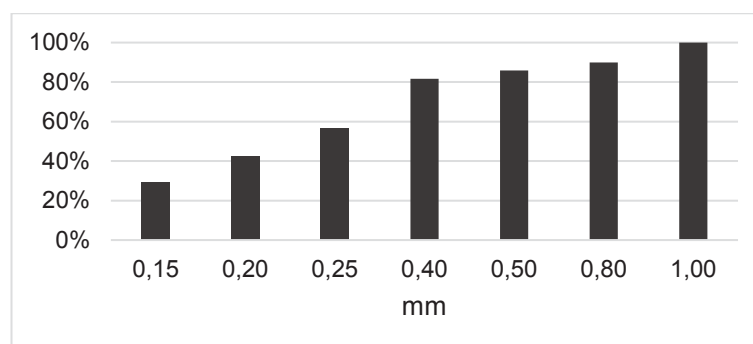
FONTE: A autora (2019).

#### 4.3.2. Simbologia

Os resultados dos testes de percepção visual são apresentados conforme a ordem de descrição na seção Questões do Teste de Percepção Visual. Para análise dos resultados foram construídos gráficos e tabelas com os quantitativos de cada aspecto avaliado. As dimensões mínimas consideradas legíveis foram determinadas com base nas porcentagens. Devido ao ineditismo da pesquisa, não há como indicar um valor mínimo para ser usado como referência, visto que nenhuma NMAs específica como determinaram as dimensões mínimas.

A simbologia proposta (QUADRO 12) por Sluter et al (2018) apresenta dois valores para distância de linhas tracejadas que representam rodovias. O resultado dos testes de percepção visual recomenda que a distância mínima entre traços seja 0,40 mm. O Gráfico 3 apresenta este resultado.

GRÁFICO 3 – RESULTADO DO TESTE DE PERCEPÇÃO DE LINHAS TRACEJADAS

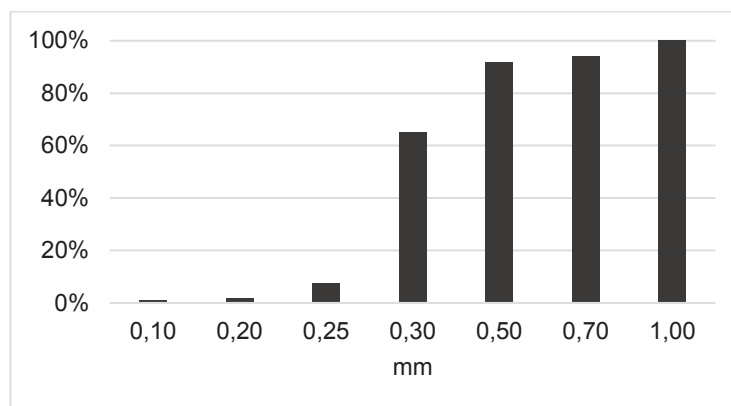


FONTE: A autora (2019).

Com relação à distância entre linhas paralelas, o gráfico abaixo apresenta as alternativas (em milímetros) das questões pela porcentagem de participantes que assinalaram tais opções como legíveis. É possível observar que mais de 80% dos participantes assinalaram que com 0,50 mm, 0,70 mm e 1,00 mm de distância entre

as linhas, pode-se ver claramente três linhas paralelas. Assim, conclui-se que a partir de 0,50 mm pode-se ver legivelmente a separação entre as três linhas.




GRÁFICO 4 – RESULTADO DO TESTE DE PERCEPÇÃO DE LINHAS PARALELAS



FONTE: A autora (2019).

Com relação à largura de um retângulo sólido, as três cores analisadas foram apresentadas a todos os participantes na mesma questão. O resultado do teste indica que a partir de 0,50 mm os usuários visualizam um retângulo como linha, ou seja, uma feição de área pode ser interpretada como uma feição linear. Para a simbologia correspondente a vias não pavimentadas, 91% dos participantes indicaram que viram uma feição linear quando a largura do retângulo é 0,50 mm. O valor é similar a simbologia para vias pavimentadas, para a qual 90% dos participantes assinalaram a largura de 0,50 mm. Para a simbologia referente às rodovias, 84% dos participantes assinalaram este valor. A TABELA 5 apresenta os resultados do teste.

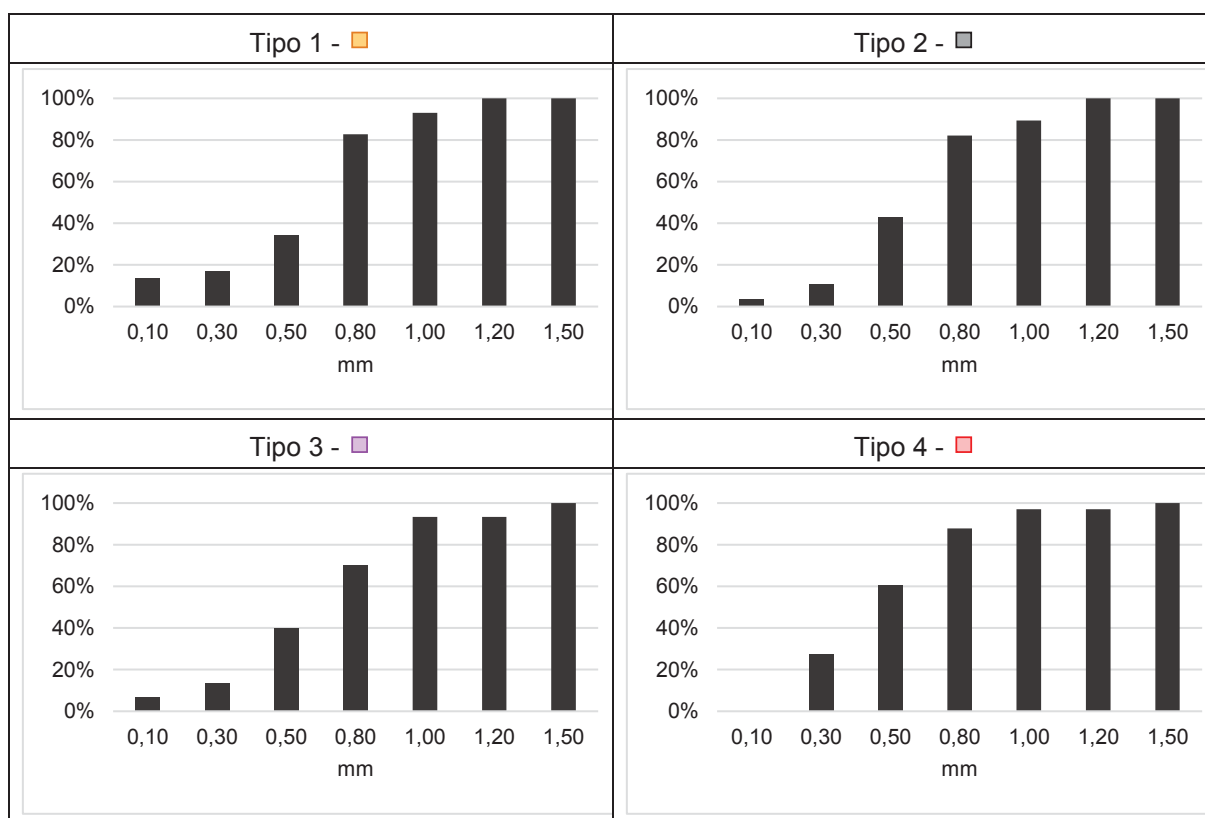
TABELA 5 – RESULTADO DO TESTE DE PERCEPÇÃO PARA LARGURA DE UM RETÂNGULO SÓLIDO

	Questão 03	Rodovias	Vias não pavimentadas	Vias pavimentadas
	mm			
a)	0,30	100%	100%	100%
b)	<b>0,50</b>	<b>84%</b>	<b>90%</b>	<b>91%</b>
c)	0,80	59%	63%	59%
d)	1,00	33%	34%	38%
e)	1,20	23%	26%	28%
f)	1,50	11%	14%	15%
g)	2,00	6%	6%	7%

FONTE: A autora (2019).

Para o tamanho do lado de um quadrado sólido os testes apresentaram valores diversos, como apresentados no GRÁFICO 5. Das quatro cores avaliadas, três cores apresentaram resultados com mais de 80% de aceitação para o mesmo valor, 0,80 mm. Porém, para este mesmo valor o teste Tipo 3 teve aceitação de 70% dos participantes. Isto pode ser verificado no gráfico correspondente a este teste (GRÁFICO 5 – Tipo 3). A SSC (2002) recomenda como dimensão mínima o valor de 0,80 mm para o lado de um quadrado com preenchimento de tom cinza com contorno. Os gráficos a seguir apresentam os resultados dos testes para cada cor avaliada (GRÁFICO 5). Deste modo, pode-se afirmar que a dimensão mínima do lado de um polígono colorido com contorno para que seja legível é de 0,80 mm.

GRÁFICO 5 - RESULTADO DO TESTE DE PERCEPÇÃO PARA O LADO DE UM QUADRADO SÓLIDO

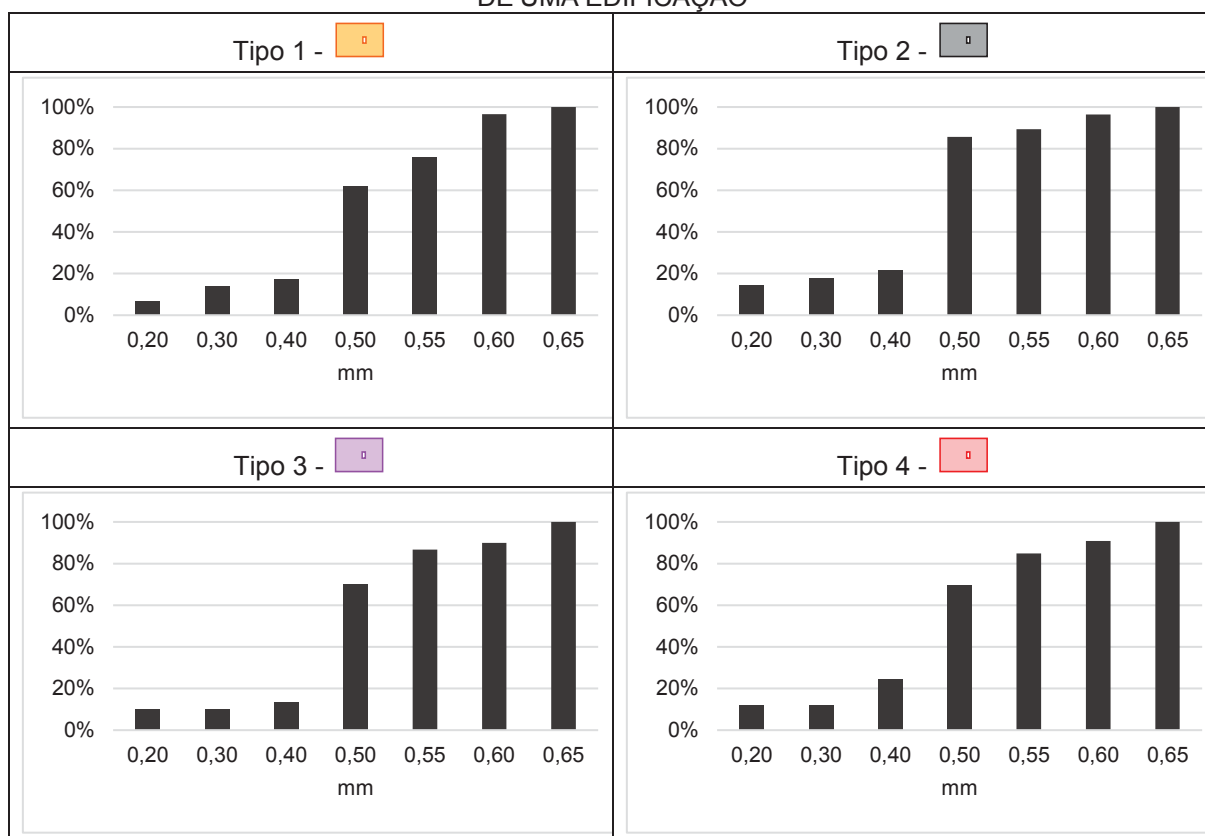


FONTE: A autora (2019).

Para o lado de uma área interna de uma edificação, os resultados apresentam diferenças entre os tipos de teste. Como é possível observar nos gráficos (GRÁFICO 6), para o teste tipo 1 o valor mínimo assinalado por mais de 80% dos participantes é 0,60 mm. Este mesmo valor foi apontado como visível por mais de 90% dos participantes que fizeram os outros tipos de teste. Para o teste 2 o valor mínimo

indicado por mais de 80% é igual a 0,50 mm. Nos outros dois tipos de teste a medida de 0,55mm foi apontada como legível por mais de 80% dos participantes. A SSC (2002) recomenda como dimensão mínima 0,40 mm para o lado de uma área interna de um quadrado sólido preto. Considera-se que a partir de 0,55 mm de lado de uma área interna de um polígono é legível. O GRÁFICO 6 ilustra os resultados dos testes.

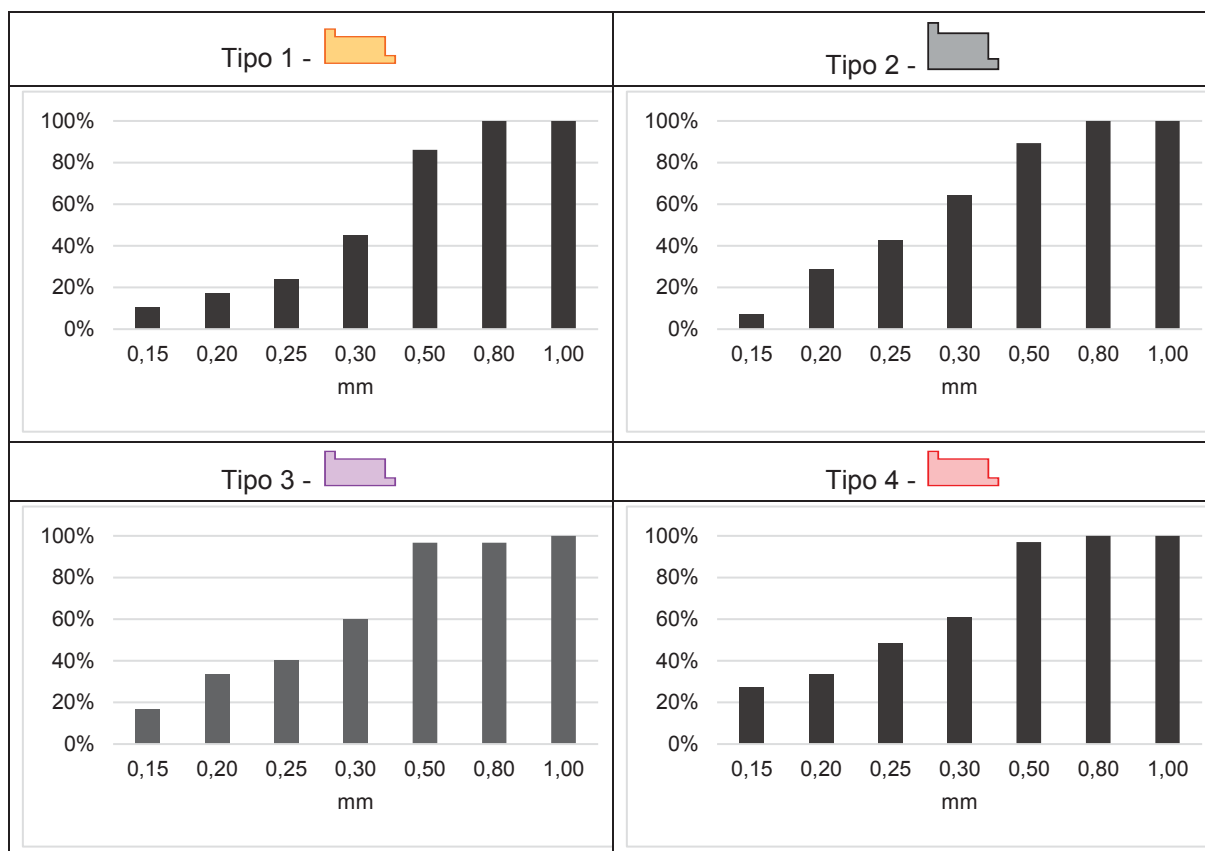
GRÁFICO 6 – RESULTADO DO TESTE DE PERCEPÇÃO PARA O LADO DE UMA ÁREA INTERNA DE UMA EDIFICAÇÃO



FONTE: A autora (2019).

Com relação ao tamanho do lado de detalhes de um polígono, o resultado do teste de percepção visual aponta para um tamanho mínimo de 0,50 mm para que o usuário possa visualizar com clareza o detalhe de uma edificação. A SSC (2002) recomenda como dimensão mínima 0,25 mm para polígono sólidos na cor preta. O resultado dos testes pode ser visto no GRÁFICO 7.

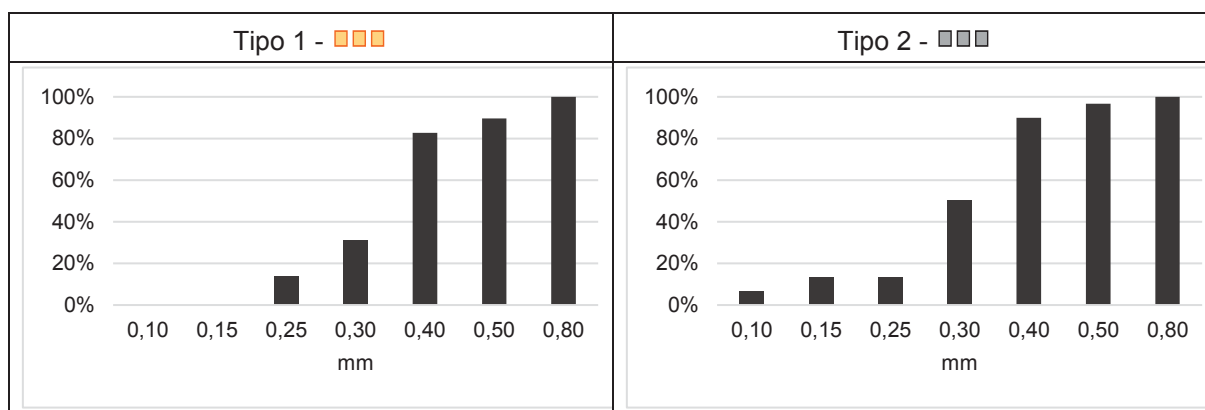
GRÁFICO 7 - RESULTADO DO TESTE DE PERCEPÇÃO PARA O LADO DE DETALHES DE UM POLÍGONO

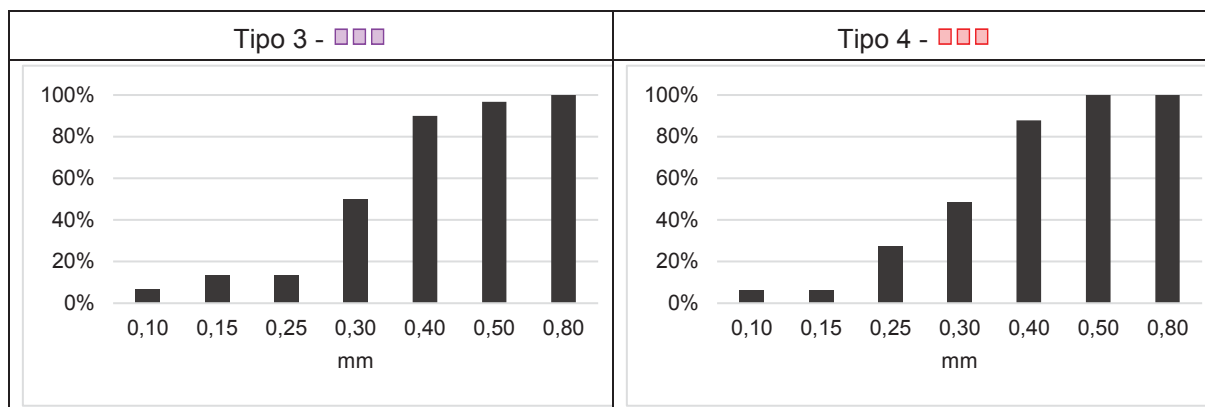


FONTE: A autora (2019).

Com relação a distância entre polígonos da mesma cor, o resultado do teste de percepção visual aponta para uma distância mínima de 0,40 mm para que o usuário possa visualizar com clareza o espaço entre os polígonos. A SSC (2002) recomenda como distância mínima 0,20 mm para polígono sólidos na cor preta. O resultado dos testes pode ser visto no GRÁFICO 8.

GRÁFICO 8 – RESULTADO DO TESTE DE PERCEPÇÃO PARA A DISTÂNCIA ENTRE POLÍGONOS





FONTE: A autora (2019).

Com relação ao espaçamento entre feições lineares e feições de área, os resultados são diferentes para cada tipo de teste. A SSC (2002) recomenda um valor de 0,20 mm para símbolos pretos representados em fundo branco. Para a apresentação dos resultados optou-se por comparar o resultado da distância entre a mesma cor de linha com polígonos de diferentes cores. A TABELA 6 apresenta o resultado dos testes para as linhas referentes às ruas pavimentadas. Para três tipos de teste, mais de 80% dos participantes indicaram que a partir de 0,40 mm a distância entre as feições é legível. Para o teste tipo 3, os participantes consideraram que a distância mínima entre as feições deve ser 0,30 mm.





Para simbologia das vias não pavimentadas pode-se afirmar que o usuário pode ver legivelmente a distância entre feições a partir de 0,50 mm, considerando três das quatro cores avaliadas. Para a cor referente ao teste tipo 4, a menor distância entre as duas feições deve ser 0,40 mm para que o usuário possa ver a área e a linha de modo legível. Estes resultados são apresentados na TABELA 7.

TABELA 6 – RESULTADO DO TESTE DE PERCEPÇÃO DE DISTÂNCIA ENTRE UMA FEIÇÃO DE ÁREA E UMA FEIÇÃO LINEAR – RUAS PAVIMENTADAS

		Tipo 1 ■	Tipo 2 ■	Tipo 3 ■	Tipo 4 ■
	mm				
a)	0,10	0%	4%	17%	3%
b)	0,15	7%	25%	23%	18%
c)	0,25	62%	54%	67%	45%
d)	0,30	72%	79%	<b>87%</b>	70%
e)	0,40	<b>86%</b>	<b>89%</b>	90%	<b>85%</b>
f)	0,50	93%	100%	93%	100%
g)	0,70	100%	100%	100%	100%

FONTE: A autora (2019).





TABELA 7 – RESULTADO DO TESTE DE PERCEPÇÃO DE DISTÂNCIA ENTRE UMA FEIÇÃO DE ÁREA E UMA FEIÇÃO LINEAR – RUAS NÃO PAVIMENTADAS

		Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
	mm				
a)	0,10	0%	4%	10%	3%
b)	0,15	0%	7%	10%	9%
c)	0,25	34%	32%	37%	42%
d)	0,30	62%	50%	53%	67%
e)	0,40	76%	71%	77%	<b>82%</b>
f)	0,50	<b>93%</b>	<b>93%</b>	<b>87%</b>	91%
g)	0,70	100%	100%	100%	100%

FONTE: A autora (2019).

Para linhas referentes aos limites de propriedade também há diferenças entre os testes aplicados. O espaçamento mínimo de 0,30 mm é indicado por mais de 80% para os polígonos com cores referentes aos testes tipo 2 e tipo 3 (TABELA 8). Este valor foi indicado como distância mínima por 76% e 69% para as cores referentes aos testes tipo 1 e tipo 4. Para tais cores, o valor mínimo de distância para que o usuário possa ver legivelmente um polígono e uma linha deve ser igual a 0,40mm, valor apontado por 91% e 93%, respectivamente.

TABELA 8 – RESULTADO DO TESTE DE PERCEPÇÃO DE DISTÂNCIA ENTRE UMA FEIÇÃO DE ÁREA E UMA FEIÇÃO LINEAR – LIMITES DE PROPRIEDADE





		Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
	mm				
a)	0,10	3%	11%	17%	6%
b)	0,15	3%	11%	33%	15%
c)	0,25	48%	79%	77%	55%
d)	0,30	69%	<b>89%</b>	<b>80%</b>	76%
e)	0,40	<b>93%</b>	96%	90%	<b>91%</b>
f)	0,50	97%	100%	90%	100%
g)	0,70	100%	100%	100%	100%

FONTE: A autora (2019).

Para linhas referentes às rodovias, a distância mínima de 0,40 mm foi indicada por mais de 80% para três tipos de testes. Para o teste 4, referente às edificações residenciais, considera-se que o espaçamento entre as feições deve ser 0,30 mm, para ser legível. A TABELA 9 apresenta os resultados dos testes para as linhas referentes às rodovias.







TABELA 9 – RESULTADO DO TESTE DE PERCEPÇÃO DE DISTÂNCIA ENTRE UMA FEIÇÃO DE ÁREA E UMA FEIÇÃO LINEAR – RODOVIAS

		Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
	mm				
a)	0,10	3%	7%	17%	6%
b)	0,15	10%	14%	20%	24%
c)	0,25	62%	46%	63%	64%
d)	0,30	76%	75%	77%	<b>82%</b>
e)	0,40	<b>93%</b>	<b>86%</b>	<b>80%</b>	94%
f)	0,50	97%	93%	87%	100%
g)	0,70	100%	100%	100%	100%

FONTE: A autora (2019).

O último experimento avaliava qual o tamanho de um polígono para ser visto como um ponto. Os testes indicam que a partir de 0,10 mm de lado um polígono é visto como uma feição pontual. Em apenas um teste, tipo 4, os participantes indicaram que a partir de 0,30 mm de lado um polígono é visto como uma feição pontual. A TABELA 10 apresenta este resultado.

TABELA 10 – RESULTADO DO TESTE DE PERCEPÇÃO DE DISTÂNCIA ENTRE UMA FEIÇÃO DE ÁREA E UMA FEIÇÃO LINEAR – RODOVIAS

		Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
	mm				
a)	0,10	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>
b)	0,30	79%	75%	70%	<b>85%</b>
c)	0,50	34%	18%	20%	33%
d)	0,80	10%	11%	7%	15%
e)	1,00	0%	4%	0%	6%
f)	1,20	0%	4%	0%	6%
g)	1,50	0%	0%	0%	3%

FONTE: A autora (2019).

Os resultados dos testes de percepção visual não apresentaram discrepâncias quando se comparam os resultados alcançados pelo gênero masculino e pelo gênero feminino. A TABELA 11 é referente ao resultado do teste sobre espaçamento de linhas tracejadas. Pode-se visualizar que as alternativas marcadas como visíveis por mais de 80% de homens são as mesmas que as opções marcadas pelas mulheres. Houve discrepância nas alternativas com menor espaçamento entre os traços, como por exemplo para a alternativa de 0,25 mm. Esta medida foi marcada

como visível por 47% dos participantes do gênero feminino e por 62% dos participantes do gênero masculino.





TABELA 11 - RESULTADO DO TESTE DE PERCEPÇÃO DE LINHA TRACEJADAS – COMPARAÇÃO GÊNEROS

	mm	Feminino		Masculino	
		Quantidade	Porcentagem	Quantidade	Porcentagem
a)	0,15	9	21%	26	34%
b)	0,20	13	30%	38	49%
c)	0,25	20	47%	48	62%
d)	0,40	35	81%	63	82%
e)	0,50	37	86%	66	86%
f)	0,80	39	91%	69	90%
g)	1,00	43	100%	77	100%

FONTE: A autora (2019).

A TABELA 12 apresenta a comparação entre os resultados do teste para tamanho do lado do quadrado para todas as cores avaliadas. É possível notar que houve discrepância para a medida de 0,80 mm, medida de lado do quadrado considerada legível para esta pesquisa. Para os testes do Tipo 1, 73% dos participantes do gênero feminino marcaram esta alternativa como legível, enquanto 94% dos participantes do gênero masculino assinalaram esta alternativa. Também houve diferença entre os gêneros para os testes do Tipo 2, no qual 90% dos participantes do gênero feminino e 78% dos participantes do gênero masculino indicaram a medida de 0,80 mm como legível.



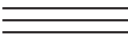







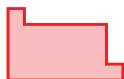







TABELA 12 – RESULTADO DO TESTE DE PERCEPÇÃO PARA LADO DE UM QUADRADO SÓLIDO – COMPARAÇÃO GÊNERO

	mm	Tipo 1 - 		Tipo 2 - 		Tipo 3 - 		Tipo 4 - 	
		Feminino	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino	Masculino
a)	0,10	13%	13%	0%	6%	0%	10%	0%	0%
b)	0,30	13%	19%	0%	17%	10%	15%	25%	28%
c)	0,50	33%	38%	30%	22%	20%	50%	38%	68%
d)	0,80	73%	94%	90%	78%	60%	75%	88%	88%
e)	1,00	87%	100%	90%	89%	90%	95%	100%	96%
f)	1,20	100%	100%	100%	100%	90%	95%	100%	96%
g)	1,50	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

FONTE: A autora (2019)

O QUADRO 22 apresenta os resultados, em milímetros, obtidos com os testes de percepção visual e que foram utilizados no sistema especialista para generalização.

QUADRO 22 – RESULTADOS DO TESTE DE PERCEPÇÃO VISUAL


Elemento gráfico	Símbolo ampliado	Símbolo 1:1	Resultado Teste de Percepção
Linha tracejada			0,40
Linhas paralelas			0,50
Largura de um retângulo sólido			0,50
Lado de um quadrado sólido			0,80
Lado de área interna			0,55
Detalhe na representação			0,50
Distância entre polígonos			0,40
Distância entre polígono e linha			0,50
Quadrado sólido como ponto			0,30

FONTE: A autora (2019)

O QUADRO 23 apresenta os resultados, em milímetros, obtidos com os testes de percepção visual nesta pesquisa e as medidas recomendadas pela SSC (2002) e por Taura (2007). A diferença entre os valores é atribuída a diferença na simbologia. A SSC (2002) recomenda dimensões mínimas para símbolos pretos, porém há uma recomendação para lado de uma área colorida com contorno. Taura (2007) indica

valores para símbolos de área com contorno na cor vermelha (RGB = 255,0,0), porém vazados.

QUADRO 23 – COMPARAÇÃO DO RESULTADO DOS TESTES DE PERCEPÇÃO COM MEDIDAS RECOMENDADAS

Elemento gráfico	Símbolo	Resultado Teste de Percepção	SSC (2002)	Taura (2007)
Linha tracejada		0,40	0,40	-
Linhas paralelas		0,50	0,25	-
Largura de um retângulo sólido		0,50	-	-
Lado de um quadrado sólido		0,80	0,80	-
Lado de área interna		0,55	0,40	-
Detalhe na representação		0,50	0,25	0,30
Distância entre polígonos		0,40	0,20	0,25
Distância entre polígono e linha		0,50	0,20	0,25
Lado de um quadrado sólido		0,30	-	-

FONTE: A autora (2019).

#### 4.4. SISTEMA ESPECIALISTA – VISIBILIDADE

Os resultados da aplicação do sistema especialista para problemas de visibilidade podem ser divididos entre: detecção do problema, considerada a primeira parte, e a aplicação dos operadores de generalização, segunda parte do sistema. O resultado da primeira parte do processamento é apresentado na FIGURA 55 e

corresponde às edificações residenciais existentes no bairro Roseira de São Sebastião. É possível visualizar quais feições devem ser eliminadas devido a um de seus lados estar abaixo de 0,80 m na escala, ou quatro metros. Também podem ser identificadas as linhas de detalhes das representações que estão abaixo de dois metros. A FIGURA 56 corresponde a um recorte na escala 1:2.000 da carta topográfica para facilitar a visualização.

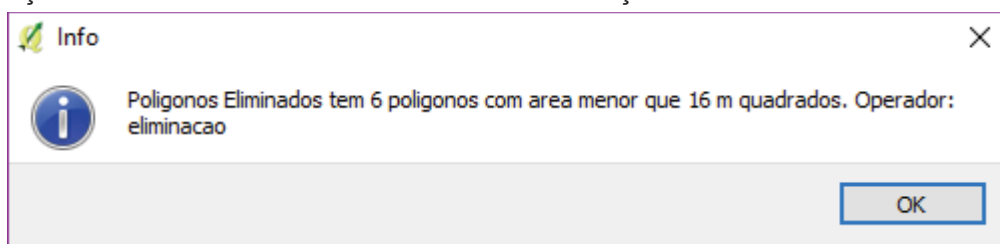
FIGURA 55 – IDENTIFICAÇÃO DAS FEIÇÕES RESIDENCIAIS COM PROBLEMAS DE VISIBILIDADE



FONTE: A autora (2019).

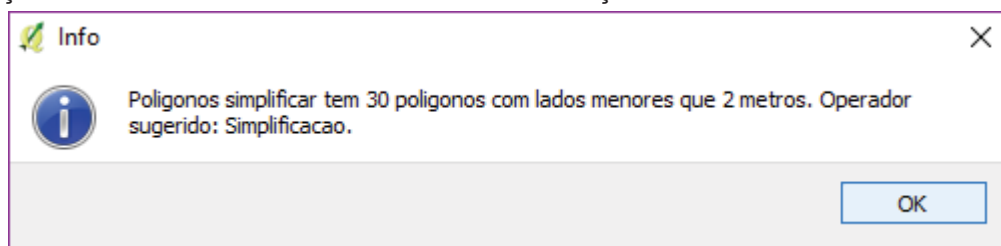
O sistema indica quantas feições foram eliminadas (FIGURA 56), quantas foram simplificadas (FIGURA 57) e quais transformações foram realizadas. Tais mensagens correspondem à aplicação do sistema nas feições de edificações comerciais do bairro Centro.

FIGURA 56 – MENSAGEM INFORMATIVA GERADA PELO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DO PROBLEMA DE VISIBILIDADE – INDICAÇÃO DO OPERADOR DE ELIMINAÇÃO



FONTE: A autora (2019).

FIGURA 57 – MENSAGEM INFORMATIVA GERADA PELO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DO PROBLEMA DE VISIBILIDADE – INDICAÇÃO DO OPERADOR DE SIMPLIFICAÇÃO



FONTE: A autora (2019).

A FIGURA 58 apresenta o resultado da segunda parte do sistema, com relação à análise das edificações comerciais do bairro Centro. Duas edificações foram eliminadas, pois apresentam área baixo de 16 m<sup>2</sup>, isto é, um dos lados tem comprimento menor que quatro metros. As outras edificações têm detalhes na sua representação com comprimentos menores do que o considerado mínimo visível. É possível visualizar quais lados são estes e que a aplicação do operador de simplificação elimina tais linhas.

FIGURA 58 – EDIFICAÇÕES COMERCIAIS ELIMINADAS E SIMPLIFICADAS

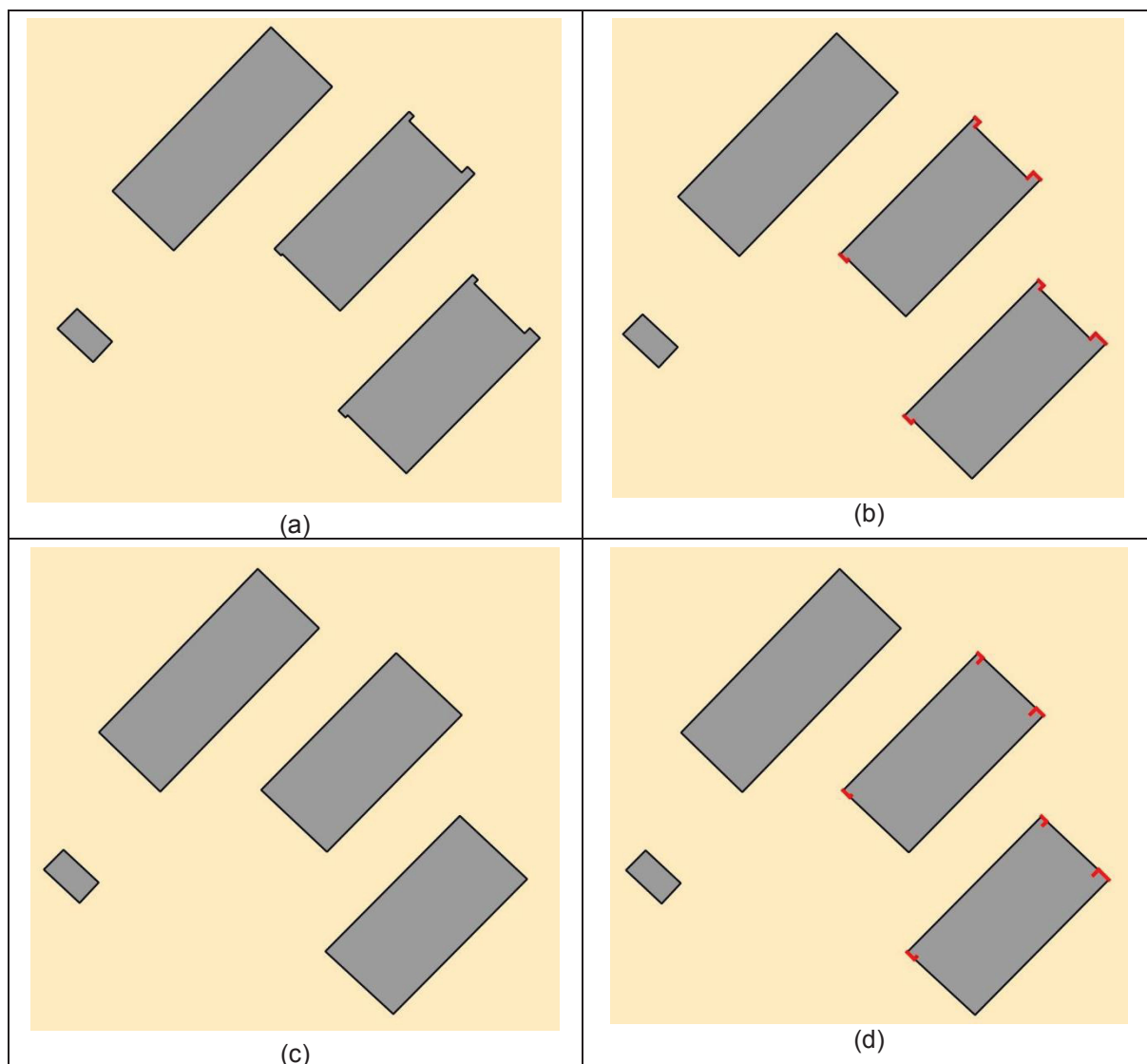


FONTE: A autora (2019).

A FIGURA 59, na escala 1:1.000 para facilitar a visualização, apresenta a comparação das feições simplificadas com as feições originais da classe de

edificações industriais. As figuras ilustram as etapas do processamento do sistema especialista. A primeira figura (a) apresenta a edificação industrial original enquanto na figura (b) é apresentado o resultado da detecção de linhas imperceptíveis. A figura (c) mostra as feições simplificadas. Como o sistema especialista adiciona as linhas consideradas imperceptíveis à tela de visualização, o resultado da aplicação do sistema é apresentado na figura (d), na qual é possível visualizar quais linhas causam o problema de visibilidade e como isso foi solucionado com a generalização das edificações.

FIGURA 59 – EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS ORIGINAIS E SIMPLIFICADAS – SEQUÊNCIA DE PROCESSAMENTO



FONTE: A autora (2019).

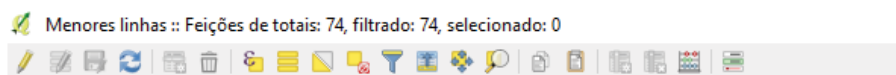
A FIGURA 60 ilustra um recorte da tabela de atributos referente às feições lineares, correspondentes às edificações industriais, criadas pelo sistema para a



análise do comprimento dos lados das edificações. O sistema mantém os campos 'area', 'Layer' e 'ID' das feições originais e cria o campo 'length', referente ao comprimento de cada linha, e seleciona as feições cujo comprimento está abaixo de dois metros.

FIGURA 60 – TABELA DE ATRIBUTOS DAS FEIÇÕES LINEARES CRIADAS PELO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO E SOLUÇÃO DO PROBLEMA DE VISIBILIDADE

Menores linhas :: Feições de totais: 74, filtrado: 74, selecionado: 0



	area	Length	Layer	ID
1	21.7000000000	0.869999999746455	EDIF_IND	2
2	246.0000000000	1.181058846663745	EDIF_IND	10
3	246.0000000000	0.784920377953910	EDIF_IND	10
4	246.0000000000	0.721387551552620	EDIF_IND	10
5	246.0000000000	0.919347594554896	EDIF_IND	10
6	183.0000000000	0.728354309072572	EDIF_IND	11
7	183.0000000000	0.558659109215020	EDIF_IND	11
8	17.4000000000	0.679411510033299	EDIF_IND	12
9	17.4000000000	0.778331548367567	EDIF_IND	12
10	17.4000000000	0.643816744372453	EDIF_IND	12
11	17.4000000000	1.549354704341743	EDIF_IND	12
12	30.8000000000	1.711724276650176	EDIF_IND	13

FONTE: A autora (2019).

O QUADRO 24 apresenta a quantificação referente às classes de edificações existentes no bairro Centro, antes e após a generalização. Os números estão relacionados à quantidade de feições originais, à quantidade de feições eliminadas e à quantidade de feições simplificadas. O sistema especialista não apresenta resultado da generalização quando aplicado na camada de edificações religiosas. Conforme verificado, nesta camada não há feições com áreas abaixo de 16m<sup>2</sup>, a primeira regra do sistema. O resultado desta etapa é um arquivo vazio. Como o processo é dependente deste arquivo para dar sequência a análise dos dados, é necessário saber quais edificações não foram eliminadas. Deste modo, o sistema indica erros durante o processamento e apresenta arquivos vazios como resultado. A seleção das feições de acordo com o comprimento do lado dos detalhes dos polígonos e a simplificação destas não é realizado.

QUADRO 24 – QUANTIFICAÇÃO REFERENTE AS EDIFICAÇÕES ANALISADAS NO BAIRRO CENTRO COM O SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DO PROBLEMA DE VISIBILIDADE

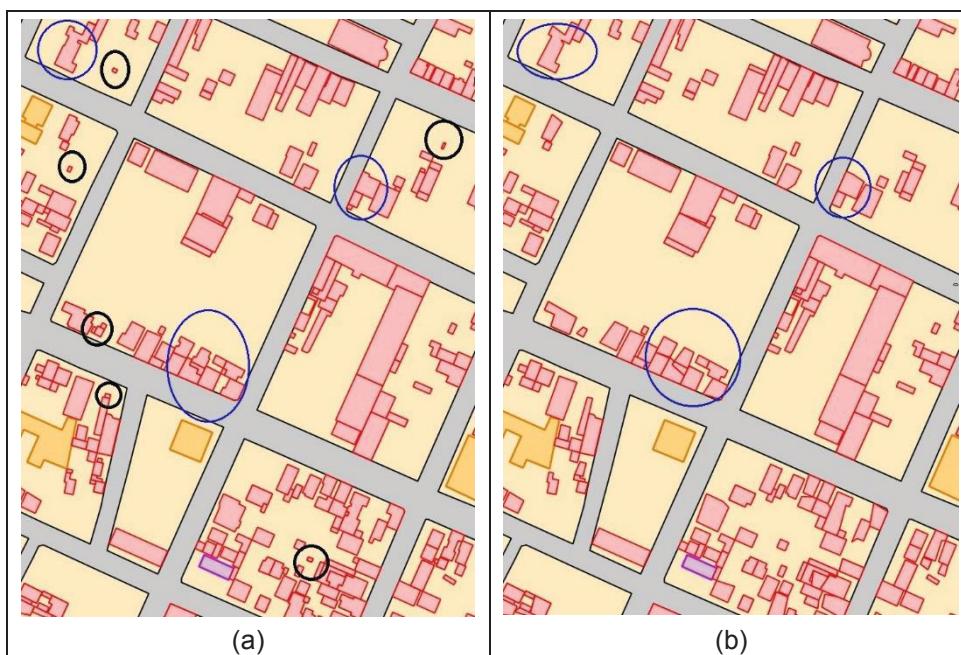
Classes analisadas	Quantidade de edificações			
	Feições originais	Feições eliminadas área < 4m <sup>2</sup>	Feições simplificadas lado < 2m	Total de feições após a generalização
Edificações comerciais	103	6	30	97
Edificações Industriais	5	2	-	3
Edições de saúde	26	2	9	24
Edificações públicas	80	5	10	75
Edificações religiosas	9	0	-	-
Edificações residenciais	4022	575	1462	3447

FONTE: A autora (2019).

A FIGURA 61 apresenta dois recortes da carta topográfica na escala 1:5.000. O recorte (a) corresponde a apresentação das feições residenciais originais com indicação das edificações que devem ser eliminadas (círculo preto) e das edificações que devem ser simplificadas (círculo azul). O recorte (b) apresenta o resultado da generalização. Nota-se que as feições imperceptíveis foram eliminadas e que as feições com detalhes imperceptíveis foram simplificadas.

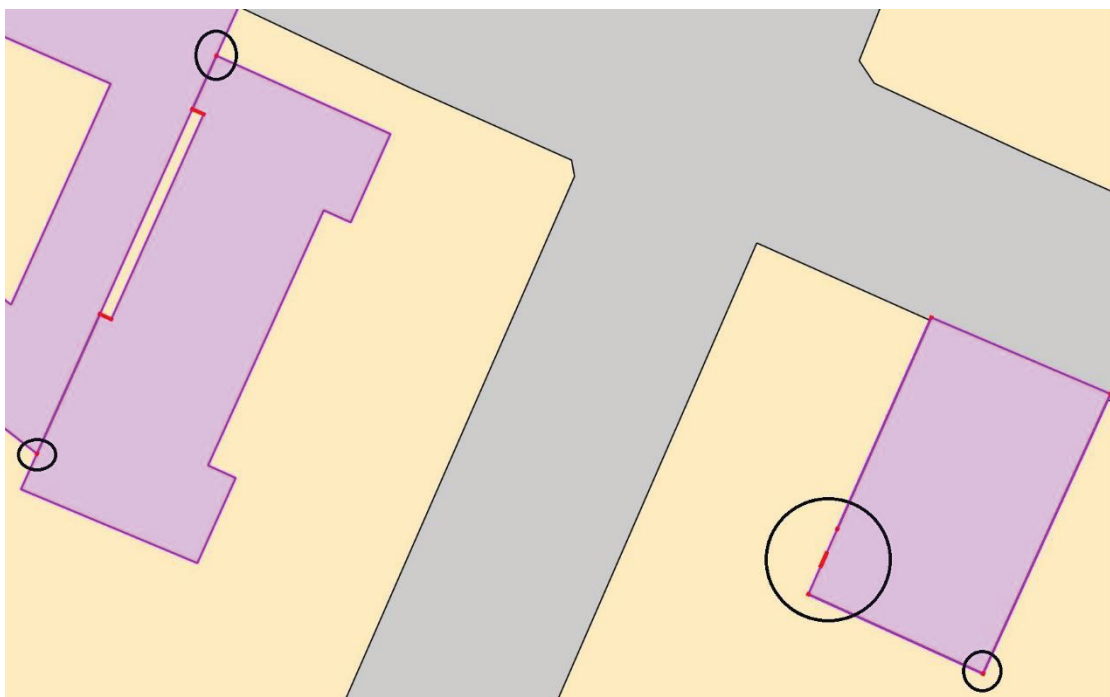
O sistema especialista para visibilidade ainda pode ser usado para verificar a qualidade dos dados da base cartográfica. Mesmo com a preparação e edição dos dados antes de aplicar o sistema especialista, foram identificados diversos problemas, similares aos descritos na seção 3.3.1 (pág 76). Diversos nós adicionais foram identificados como feições com problemas de representação, como a FIGURA 63, na escala 1:800, ilustra. A aplicação da ferramenta *Verificar a validade* indicou que tais nós apresentam um tipo de geometria desconhecida. Na FIGURA 62 também são visíveis linhas representadas com a simbologia definida para feições com necessidade de generalização. Porém, apenas duas linhas se referem a lados de detalhes de um polígono. A outra foi identificada como uma linha adicional à representação. A FIGURA 63, na escala 1:500, apresenta outro exemplo desta situação.

FIGURA 61 – RECORTE DA CARTA TOPOGRÁFICA COM AS FEIÇÕES RESIDENCIAIS ORIGINAIS E SIMPLIFICADAS



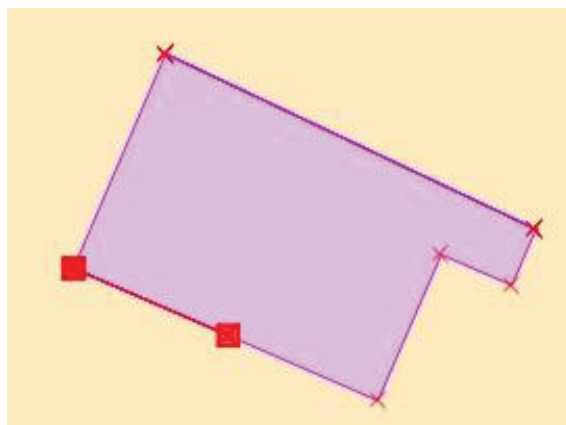
FONTE: A autora (2019).

FIGURA 62 – IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS DE EDIÇÃO DETECTADOS COMO PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO PELO SISTEMA ESPECIALISTA PARA A DETECÇÃO DE PROBLEMAS DE VISIBILIDADE



FONTE: A autora (2019).

FIGURA 63 - PROBLEMAS DE EDIÇÃO IDENTIFICADOS PELO SISTEMA ESPECIALISTA PARA GENERALIZAÇÃO DE FEIÇÕES COM PROBLEMAS DE VISIBILIDADE - EDIFICAÇÕES PÚBLICAS



FONTE: A autora (2019).

#### 4.5. SISTEMA ESPACIALISTA – LEGIBILIDADE – CONGESTIONAMENTO

O sistema especialista desenvolvido para detectar o problema de legibilidade com base na condição de congestionamento apresenta como resultado três arquivos. As camadas criadas com a representação das quadras com densidade residencial maior que 56, valor padrão determinado na metodologia, são adicionadas à tela de visualização, assim como as feições que devem ser generalizadas e o resultado da aplicação da amalgamação. A FIGURA 64 ilustra a tela de visualização do QGIS após o processamento, com destaque para as camadas criadas pelo sistema especialista. A camada denominada 'Casas mesma quadra' indica quais feições devem ser generalizadas por estarem nas quadras com densidade residencial acima de 56. Conforme a regra de aplicação do operador de amalgamação, somente as edificações adjacentes são generalizadas.

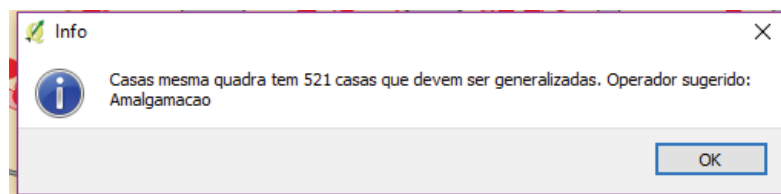
FIGURA 64 – RESULTADO DA APLICAÇÃO DO SISTEMA ESPECIALISTA PARA LEGIBILIDADE - CONGESTIONAMENTO



FONTE: A autora (2019).

A mensagem gerada pelo sistema especialista indica a quantidade de feições que demanda generalização (FIGURA 65).

FIGURA 65 – MENSAGEM INFORMATIVA GERADA PELO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DO PROBLEMA DE LEGIBILIDADE – INDICAÇÃO DO OPERADOR DE AMALGAMAÇÃO

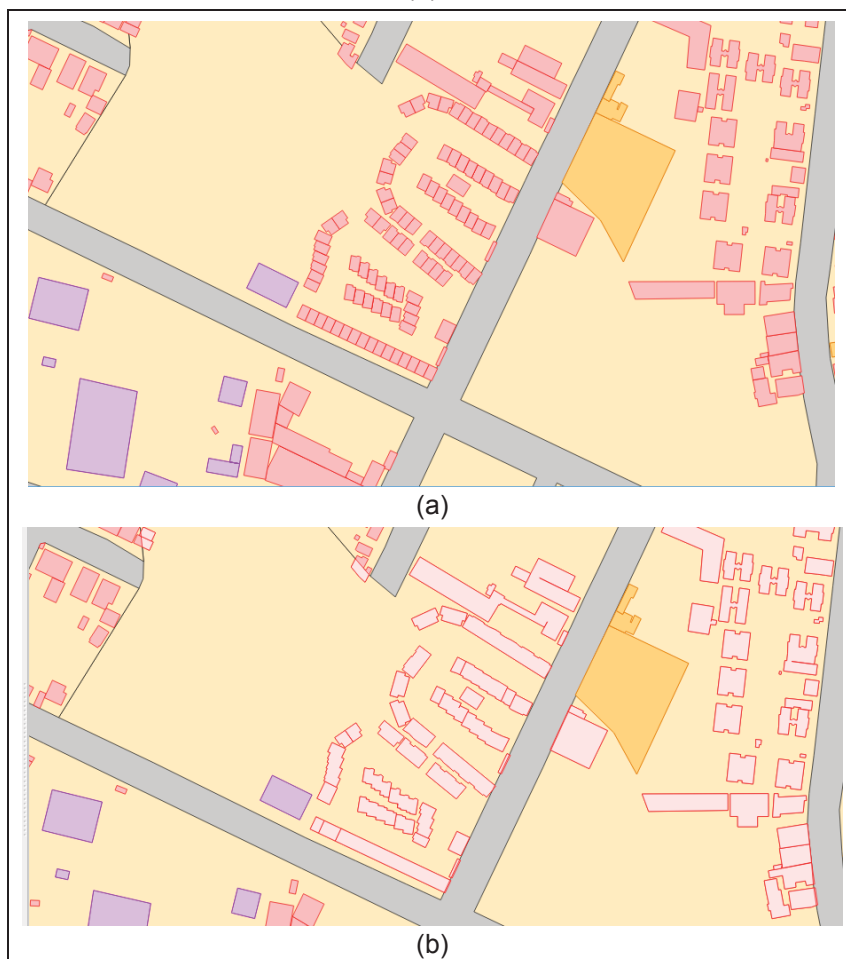


FONTE: A autora (2019).

A FIGURA 66(a) apresenta as feições residenciais antes da aplicação do sistema especialista. Na FIGURA 66(b), pode-se visualizar o resultado da aplicação da amalgamação. Os limites das edificações residenciais vizinhas foram apagados

para a criação de um bloco de edificações, com a preservação da forma geral das edificações originais.

FIGURA 66 – EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS ORIGINAIS (a) x EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS GENERALIZADAS (b) – BAIRRO CENTRO

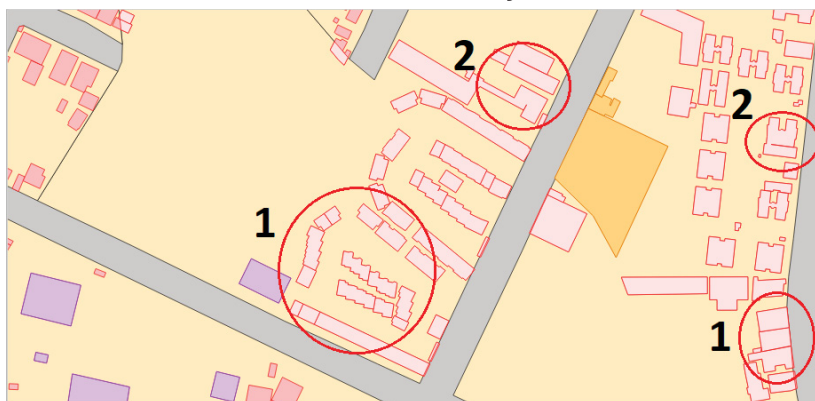


FONTE: A autora (2019).

No entanto, diversos erros foram identificados. Na FIGURA 67 estão indicados os erros mais recorrentes: (1) feições vizinhas que não tiveram seus limites apagados e (2) linhas que representam os limites não foram totalmente apagadas, o que origina problemas de legibilidade e de geometria. Isto pode indicar problemas de edição da base cartográfica.



FIGURA 67 – PROBLEMAS DECORRENTES DA APLICAÇÃO DO OPERADOR DE AMALGAMAÇÃO



FONTE: A autora (2019).

Considerando como parâmetro para a seleção as quadras de densidade residencial máxima 56 edificações residenciais por hectare do bairro Centro, o sistema especialista indica que 521 feições devem ser generalizadas (FIGURA 65). Após a aplicação do sistema, o número de edificações é igual a 3.501. O QUADRO 25 apresenta os números das feições originais e das feições generalizadas. É importante ressaltar que diversas feições foram eliminadas na aplicação do operador de amalgamação.

QUADRO 25 – NÚMEROS DAS FEIÇÕES ORIGINAIS E DAS FEIÇÕES GENERALIZADAS – AMALGAMAÇÃO

	Feições originais	Feições generalizadas	Feições resultantes
Quantidade de edificações	4.022	521	3.501
Quantidade de vértices	30.821	1.610	28.809
Área construída (m <sup>2</sup> )	459.954,738	20.058,12	459.166,870

FONTE: A autora (2019).

A FIGURA 68 apresenta um recorte na escala 1:5.000 da carta topográfica do bairro Centro. Nota-se três áreas em que há concentração de edificações residenciais. Em cada uma delas há mais de 10 feições. Quando aplicado, operador de amalgamação tem como objetivo unir estas feições individuais, baseado na topologia, e criar uma única feição, considerada um bloco de residências, no qual não há representação do limite de cada feição. Porém, nas regiões destacadas, na figura (b), é possível notar, além da eliminação incompleta dos limites, que a amalgamação não foi aplicada de modo uniforme em todas as feições adjacentes.



FIGURA 68 – COMPARAÇÃO DE FEIÇÕES RESIDENCIAIS ORIGINAIS E GENERALIZADAS



FONTE: A autora (2019).

A FIGURA 69 apresenta um recorte na escala 1:5.000 da carta topográfica referente à região do bairro São Cristovão antes e após a aplicação do sistema espacialista. No recorte (a) estão representas as feições originais. No recorte (b) os arquivos gerados referentes às edificações generalizadas e as quadras com densidade residencia acima do valor padrão são adicionados à tela.

FIGURA 69 – RECORTE DA CARTA TOPOGRÁFICA PARA COMPARAÇÃO DAS FEIÇÕES ORIGINAIS E GENERALIZADAS – BAIRRO SÃO CRISTOVÃO

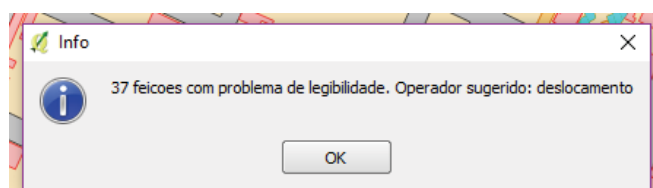


FONTE: A autora (2019).

## 5.6. SISTEMA ESPECIALISTA – LEGIBILIDADE – COALESCÊNCIA

O sistema desenvolvido para o problema de legibilidade a partir da condição de coalescência apresenta como resultado principal as feições com problema destacadas das demais. A FIGURA 70 apresenta a mensagem gerada pelo sistema para indicar ao usuário quantas feições tem problema de legibilidade e qual operador deve ser aplicado.

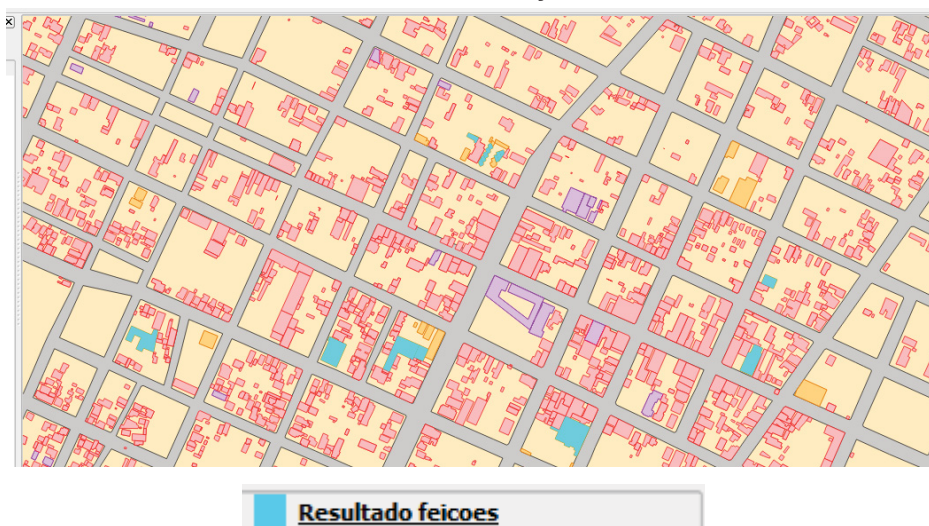
FIGURA 70 – MENSAGEM DE INFORMAÇÃO – COALESCÊNCIA



FONTE: A autora (2019).

O resultado da aplicação do sistema especialista, visualizado diretamente na tela do *software*, quando as edificações comerciais e residenciais são analisadas é apresentado na FIGURA 71. Nota-se que as feições que contribuem para o problema de legibilidade são destacadas das demais.

FIGURA 71 – RESULTADO DA APLICAÇÃO DO SISTEMA ESPECIALISTA PARA DETECÇÃO DA COALESCÊNCIA EM EDIFICAÇÕES COMERCIAIS



FONTE: A autora (2019).

A FIGURA 72 apresenta o resultado do processamento do sistema para a mesma classe de edificações comerciais, do bairro Centro, mas visualizadas na

escala 1:5.000. Nota-se claramente quais feições comerciais contribuem para o problema de legibilidade e de quais feições vizinhas estas edificações deveriam ser afastadas.

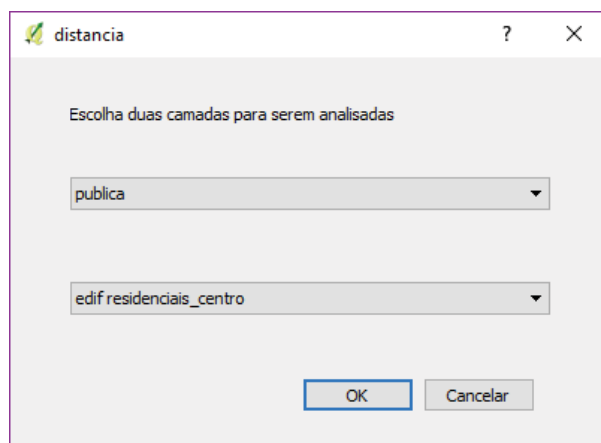
FIGURA 72 – EDIFICAÇÕES COMERCIAIS E FEIÇÕES VIZINHAS QUE CONTRIBUEM PARA O PROBLEMA DE LEGIBILIDADE – COALESCÊNCIA



FONTE: A autora (2019).

Este sistema foi aplicado em todas as feições de edificações com relação às feições residenciais, uma vez que as edificações residenciais são as feições predominantes em ocupações urbanas. A FIGURA 73 apresenta a interface do sistema, na qual pode-se identificar as camadas de edificações definidas para a análise: edificações públicas com relação as edificações residenciais do bairro Centro. Quando há inversão nesta escolha, ou seja, quando o foco da análise se dá nas edificações residenciais, o sistema não apresenta resultados. Devido à limitação de processamento, a aplicação das ferramentas *Buffer* e *Interseção* em todas as feições, número que pode passar de 4000 edificações, se mostra ineficaz. Deste modo, optou-se por analisar as classes de edificações comerciais, públicas, industriais, de saúde e igrejas em relação as edificações residenciais.

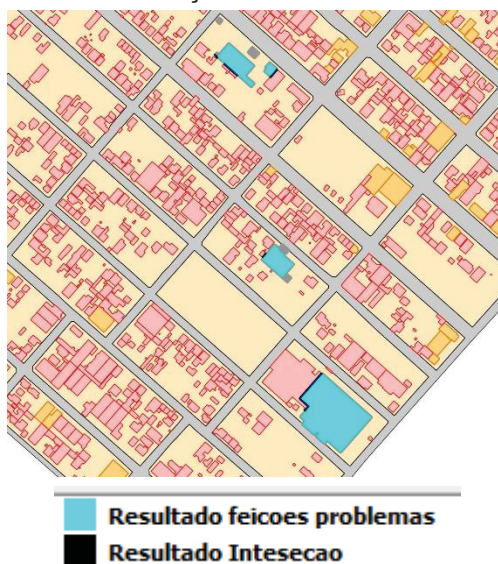
FIGURA 73 – INTERFACE DO SISTEMA ESPECIALISTA DE LEGIBILIDADE – COALESCÊNCIA



FONTE: A autora (2019).

A FIGURA 74 apresenta um recorte da carta topográfica de São José do Pinhais, na escala 1:5.000. O sistema identifica o polígono referente à cada feição industrial e ainda indica a feição residencial vizinha que contribui para o problema, por meio da representação da interseção. A mensagem gerada pelo sistema especialista indica que oito feições desta classe devem ser generalizadas (FIGURA 75).

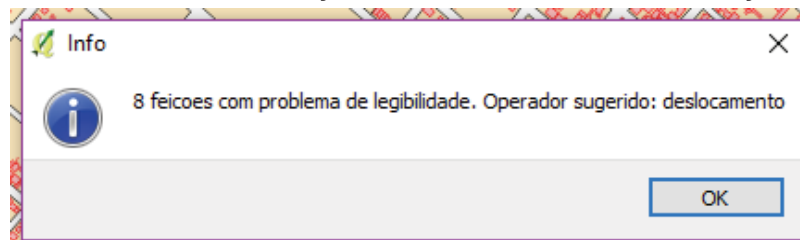
FIGURA 74 – RESULTADO DO SISTEMA ESPECIALISTA – LEGIBILIDADE – COALESCENCIA – EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS



FONTE: A autora (2019).



FIGURA 75 - MENSAGEM DE INFORMAÇÃO – COALESCÊNCIA – EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS



FONTE: A autora (2019).

Após a aplicação do sistema e a análise dos resultados, foram constatados erros na identificação das feições que originam problemas de legibilidade. A ferramenta *Seleção por localização* deve destacar as edificações da camada de interesse que estão adjacentes ao resultado da interseção. Como resultado, todas as feições adjacentes deveriam estar representadas na camada gerada pelo sistema. Porém, algumas feições com problema de legibilidade não foram realçadas. A FIGURA 67 ilustra esse erro. As duas edificações industriais são adjacentes às feições vizinhas, como indicado pelo resultado da interseção do *buffer* com a camada das edificações residenciais. Essa camada serve de base para a aplicação da *Seleção por localização*, que deveria destacar as duas edificações industriais em questão. Mas, como é possível visualizar na FIGURA 76, apenas uma feição foi destacada.

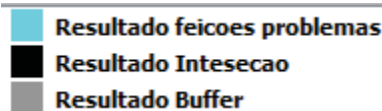
FIGURA 76 – PROBLEMAS DA IDENTIFICAÇÃO DE EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS QUE CONTRIBUEM PARA O PROBLEMA DE LEGIBILIDADE – COALESCÊNCIA



FONTE: A autora (2019).

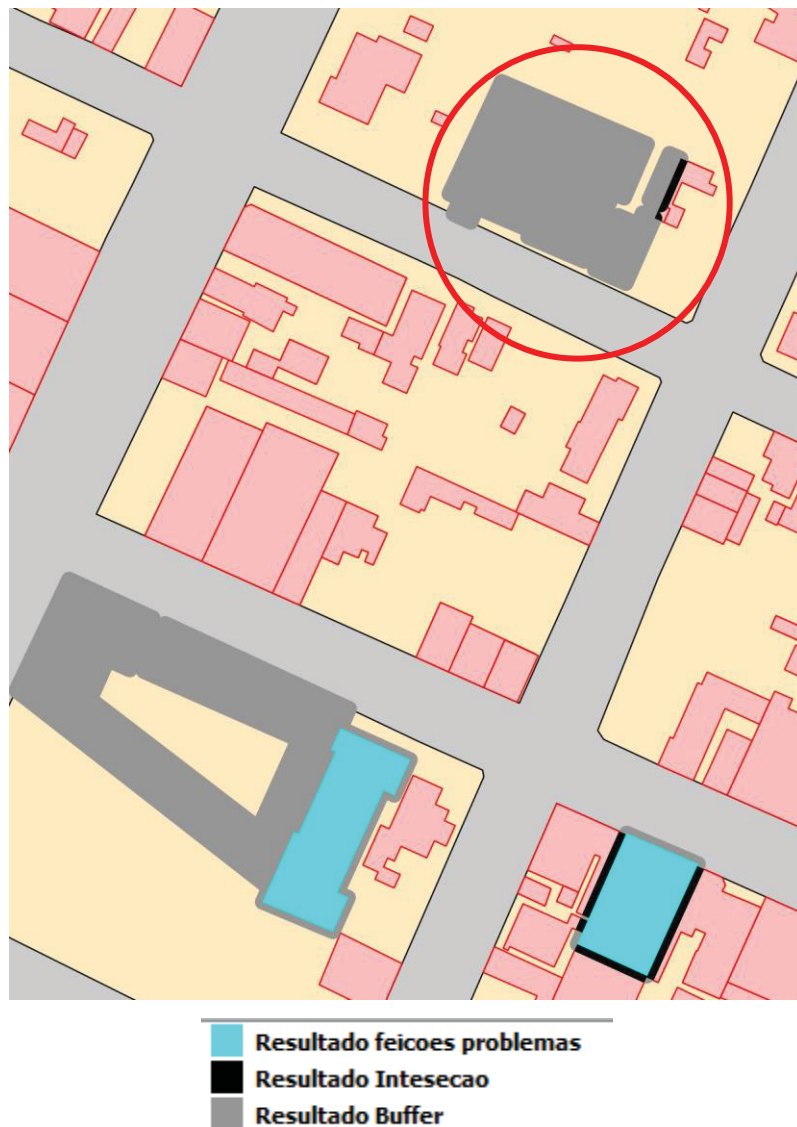
O mesmo erro de detecção foi verificado com as edificações públicas. A FIGURA 77, referente a um recorte na escala 1:5.000, ilustra o caso. O resultado da aplicação do *buffer* é claramente visível assim como o resultado da interseção e da seleção por localização. No entanto, nota-se que apenas quatro feições estão destacadas, enquanto há indicação de mais duas feições que violam a distância mínima entre feições, as quais também deveriam estar com simbologia de destaque. Na FIGURA 78, na escala 1:2.000, tais erros são facilmente identificados. Há quatro edificações públicas nessa área: duas destacadas e duas com a indicação da aplicação do *buffer*. A indicação de proximidade excessiva, resultado da interseção, está presente em duas edificações, porém uma dessas não está indicada com a simbologia de destaque.

FIGURA 77 - PROBLEMAS DA IDENTIFICAÇÃO DE EDIFICAÇÕES PÚBLICAS QUE CONTRIBUEM PARA O PROBLEMA DE LEGIBILIDADE – COALESCÊNCIA



FONTE: A autora (2019).

FIGURA 78 – PROBLEMAS DA IDENTIFICAÇÃO DE EDIFICAÇÕES PÚBLICAS QUE CONTRIBUEM PARA O PROBLEMA DE LEGIBILIDADE – COALESCÊNCIA – ESCALA 1:2.000



FONTE: A autora (2019).

Ressalta-se que para os experimentos apresentados neste trabalho foram utilizados os parâmetros definidos com auxílio dos testes de percepção visual e que o usuário não pode alterá-los, uma vez que são baseados no limite de percepção visual. Para que os sistemas desenvolvidos nesta pesquisa apresentem os resultados esperados, o usuário deve seguir a sequência de passos abaixo:

1. Preparação e edição da base cartográfica;
2. Redução de escala da carta topográfica;
3. Definir o problema de representação a ser detectado;

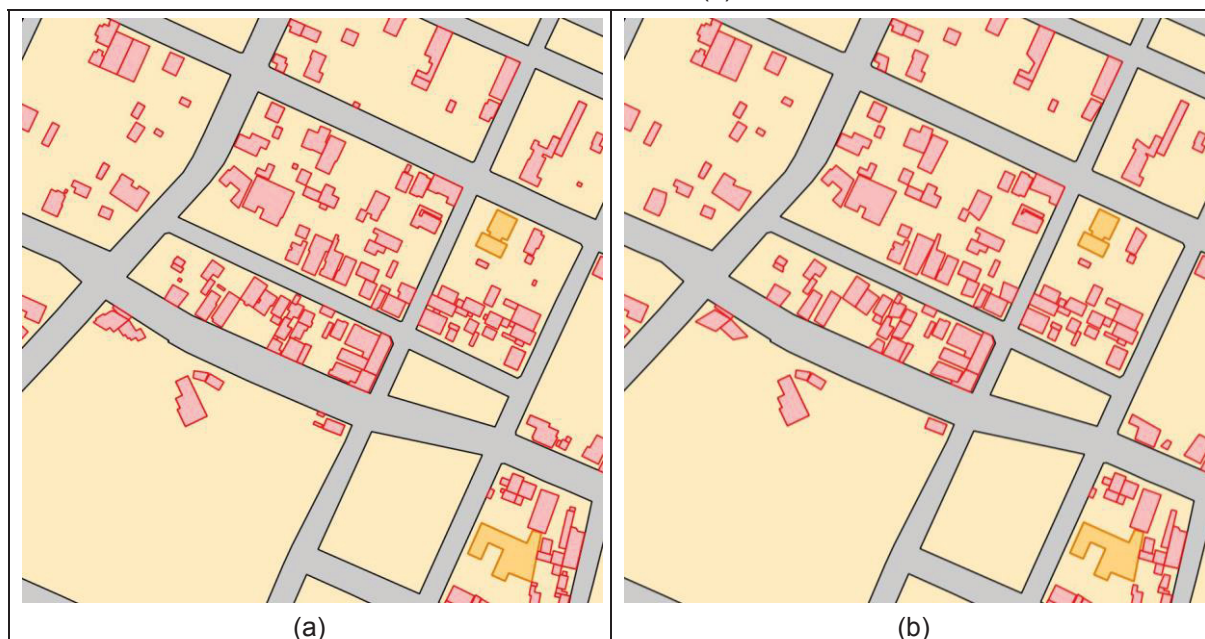


4. Definir as camadas a serem analisadas, e
5. Aplicar o sistema especialista.

#### 4.6. VERIFICAÇÃO DA QUALIDADE VISUAL

O primeiro critério de verificação utilizado nas feições generalizadas foi a legibilidade. A FIGURA 79 apresenta um recorte da carta de São José dos Pinhais na escala 1:5.000 antes da aplicação do operador de simplificação (a) e após o resultado do processamento (b). Nesta área, 16 edificações foram eliminadas devido ao seu tamanho e 35 edificações foram simplificadas. O resultado da generalização foi considerado bom, pois a generalização das feições não afetou a leitura e compreensão destas. A eliminação das edificações que estão abaixo do tamanho mínimo visível contribui para a legibilidade da carta.

FIGURA 79 – RECORTE DA CARTA TOPOGRÁFICA COM FEIÇÕES ORIGINAIS (A) x FEIÇÕES SIMPLIFICADAS (B)



FONTE: A autora (2019).

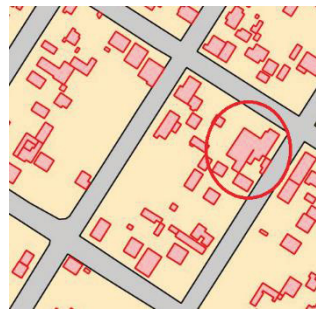
A FIGURA 80 mostra as feições em um recorte da carta na escala 1:5.000 antes (a) e após a aplicação da amalgamação (b). Nesta área, 15 edificações foram generalizadas e transformadas em 5 blocos residenciais. O resultado foi considerado ruim. A transformação resulta na dissolução dos limites de feições adjacentes, porém algumas linhas não foram totalmente apagadas. Situações assim, como exemplificada pela FIGURA 81, prejudicam a leitura da carta topográfica.

FIGURA 80 – RECORTE DA CARTA TOPOGRÁFICA COM FEIÇÕES ORIGINAIS (A) X FEIÇÕES GENERALIZADAS (B)



FONTE: A autora (2019).

FIGURA 81 – IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS NA APLICAÇÃO DA AMALGAMAÇÃO

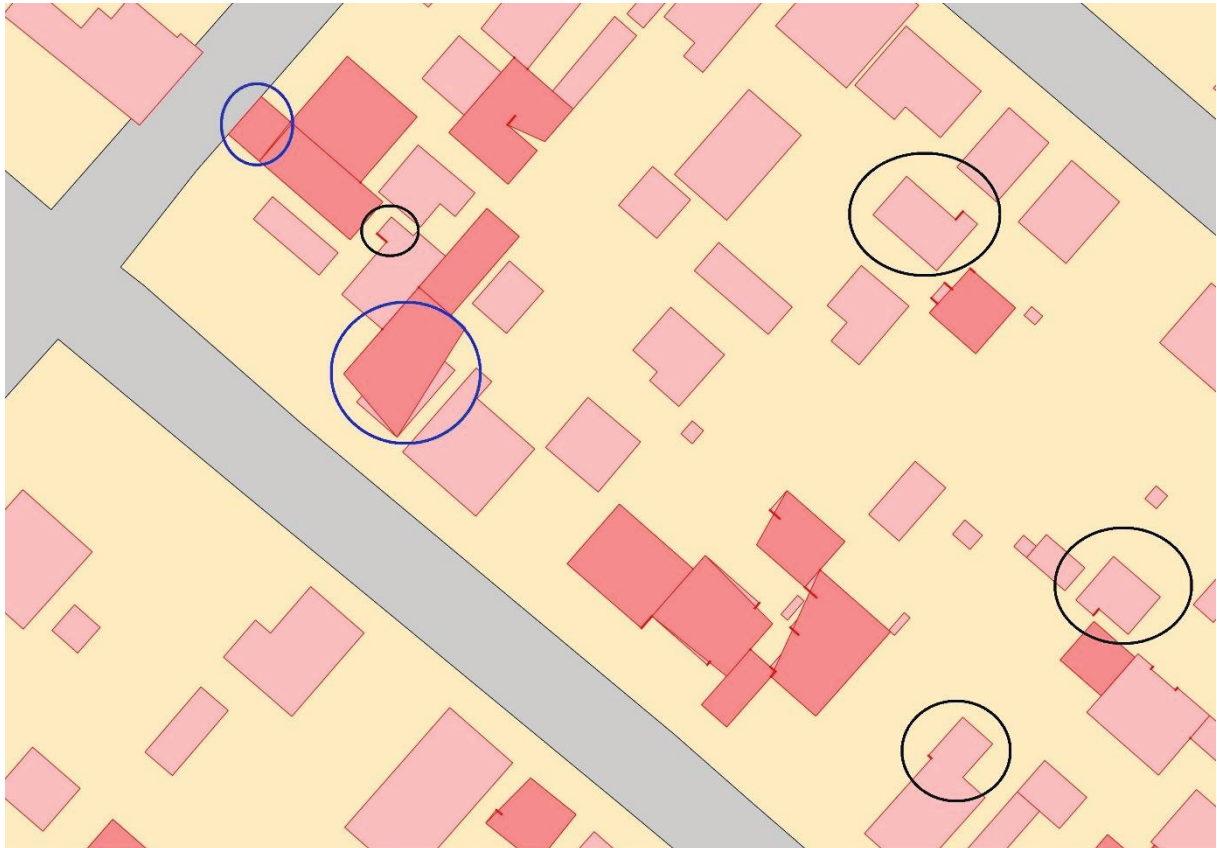


FONTE: A autora (2019).

A verificação da qualidade visual das feições generalizadas com o critério de visibilidade indica que os resultados alcançados não foram satisfatórios. A análise dos resultados indicou que diversas edificações com detalhes na representação abaixo do comprimento mínimo não foram simplificadas. Soma-se a isso a aplicação da simplificação em feições que não contribuem para o problema de visibilidade. A FIGURA 82, um recorte na escala 1:500 para facilitar a visualização, apresenta esses exemplos. A simbologia das feições simplificadas foi alterada para facilitar sua diferenciação da simbologia padrão (QUADRO 12). As linhas com comprimento abaixo do tamanho visível são representadas por linhas vermelhas. É possível

visualizar que diversas feições foram simplificadas e que estas linhas foram eliminadas. Porém, algumas feições que deveriam ter sido simplificadas não foram, elas estão indicadas pelo círculo preto. As outras feições destacadas, pelo círculo azul, foram generalizadas e não há indicação de linhas imperceptíveis na sua representação.

FIGURA 82-IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS NA APLICAÇÃO DA AMALGAMAÇÃO



FONTE: A autora (2019).

Recomenda-se que os sistemas sejam aplicados de modo que primeiro sejam solucionados os problemas de visibilidade, seguido dos problemas causados pela condição de congestionamento e pela condição de coalescência. Segundo Harrie e Weibel (2007) a seleção e simplificação de feições são os primeiros operadores que devem ser aplicados, conforme o raciocínio da generalização manual. Em seguida, deve ser aplicado o operador de exagero e, por fim, o deslocamento. Como a aplicação de alguns operadores de generalização podem originar outros problemas, os sistemas devem ser reaplicados para a verificação da qualidade da generalização.

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O objetivo deste trabalho foi propor a automatização da avaliação cartométrica e das transformações espaciais referentes ao processo da generalização cartográfica referentes as feições de ocupações urbanas representadas em uma carta topográfica com escala reduzida, para preservar os princípios da comunicação cartográfica. Isso foi feito com a utilização de sistemas especialistas baseados em regras de decisão compostos por condições que estabelecem uma relação entre os problemas de representação detectados, seus respectivos parâmetros gráficos e as transformações necessárias para manter a legibilidade. Essa pesquisa foi desenvolvida com base em ferramentas já existentes no software QGIS.

A carta topográfica do município de São José dos Pinhais apresentou diversos problemas, mesmo após a edição dos dados. Entre estes problemas, estão duplicação de vértices, vértices adicionais, sobreposição de feições e geometria inválida. Enquanto os três primeiros erros mencionados podem influenciar na avaliação cartométrica, o problema de geometria impediu a aplicação dos sistemas especialistas na classe de edificações escolares. O sistema especialista desenvolvido para a detecção do problema de visibilidade detectou problemas de vértices adicionais em algumas edificações. Deste modo, ressalta-se a importância da edição da base de dados antes da aplicação do sistema especialista. Caso não seja feita a verificação e correção dos dados, o sistema pode identificar erroneamente a ocorrência de um problema, quando na verdade há sobreposição de feições por erro na restituição aerofotogramétrica.

Os problemas de visibilidade e legibilidade são caracterizados como condições geométricas de imperceptibilidade, congestionamento e coalescência. A formalização destas condições em regras se deu com base na relação das medidas espaciais de comprimento, área, densidade e distância, e das ferramentas de análise espacial disponíveis no QGIS.

O estabelecimento de quais transformações espaciais são necessárias para a solução de cada problema foi feito com base nas características de cada condição. A definição de quais operadores utilizar se deu segundo as ferramentas de processamento disponibilizadas pelo QGIS e pelo SAGA.

Os sistemas especialistas desenvolvidos nesta pesquisa não são holísticos, pois cada problema de representação fosse analisado de modo individual assim como



cada classe. Isso se deu devido as características de cada condição geométrica, da própria modelagem do sistema e das ferramentas disponíveis. Com a modelagem baseada em regras é um desafio a formalização de todos os conflitos decorrentes da redução de escala para todas as classes. Esta modelagem é ideal para a avaliação cartométrica e generalização de feições individuais. A aplicação de sistemas especialistas baseados em regras para detectar problemas de representação em grupos de feições foi bem-sucedida. Porém, a decisão de qual transformação aplicar com base no contexto espacial se mostrou de difícil formalização.

Os parâmetros gráficos correspondem as dimensões mínimas estabelecidas com base nos resultados dos testes de percepção visual. Os resultados dos testes contribuíram para a determinação das condições geométricas e da aplicação dos operadores. Apesar das classes de edificações estarem divididas em quatro grupo de simbologia, as dimensões mínimas recomendadas são as mesmas para todas as classes, pois os resultados dos testes não apresentaram discrepâncias com relação as cores avaliadas.

O sistema especialista desenvolvido para detectar o problema de visibilidade se mostrou eficaz. Sua detecção é dividida em duas regras: comprimento do lado dos polígonos e comprimento do detalhe dos polígonos. Os resultados alcançados apontam as feições que devem ser eliminadas devido ao seu tamanho, destacam as linhas dos polígonos cujo comprimento está abaixo do tamanho mínimo e aplicam a simplificação. A generalização das feições neste sistema foi feita pelos operadores de eliminação e de simplificação. Porém, o resultado da simplificação não se mostrou satisfatório. Enquanto muitas linhas imperceptíveis foram eliminadas, linhas com comprimento acima das dimensões mínimas também foram eliminadas. Isto se deve ao problemas na edição da base cartográfica.

Os resultados obtidos pela aplicação do sistema especialista desenvolvido para detectar o problema de legibilidade com a condição geométrica de congestionamento foram considerados satisfatórios. Por não haver uma definição de parâmetros gráficos para densidade, foi utilizada uma medida baseada na densidade residencial de acordo com os parâmetros de zoneamento da prefeitura de São José dos Pinhais. Porém, este valor não é considerado ideal, pois não é referente à quadras. Como resultado o sistema gera arquivos com representação destacada para as quadras com maior densidade e para as edificações existentes nestas quadras. Nestas edificações é aplicada o operador de amalgamação e, assim, feições

adjacentes são representadas como uma única feição. Esta transformação preserva a forma das edificações originais e elimina a distância entre elas, aspecto que pode contribuir para a condição geométrica de coalescência.

O problema de legibilidade também é causado pela condição de coalescência. A detecção e solução desta condição requer um sistema especialista mais robusto, pois cada edificação precisa ser analisada com relação a suas feições vizinhas. A avaliação cartométrica realizada pelo sistema desenvolvido apresentou os resultados esperados. As edificações com problemas de legibilidade foram identificadas e destacadas das demais. Porém, devido a limitações da modelagem baseada em regras e as ferramentas disponíveis, a formalização e aplicação das transformações espaciais se mostrou mais complexa do que as condições de congestionamento e imperceptibilidade. Por esses motivos, os operadores deste sistema não foram implementados.

Como os sistemas baseados em regras de decisão analisam feições de modo individual e cada análise resulta em uma transformação espacial, para o *plugin* apresentar um produto satisfatório é necessário estabelecer uma sequência de operadores. Sugere-se que o problema de visibilidade seja resolvido com os operadores de eliminação e simplificação. Em seguida, o problema de legibilidade deve ser solucionado com os operadores de amalgamação, deslocamento e exagero.

O software QGIS apresenta diversas possibilidades para integração de ferramentas e, assim, criação de novos aplicativos. Por ser um *software* gratuito, os sistemas especialistas para generalização desenvolvidos são alternativas aos sistemas desenvolvidos com softwares comerciais, utilizados por várias agências de mapeamento. Devido a sua constante atualização, sugere-se realizar as adaptações necessárias para sua utilização na versão mais recente do *software*. No entanto, sua aplicação na generalização de cartas topográficas deve ser feita considerando as restrições mencionadas nesta pesquisa. Situações que caracterizam problemas de legibilidade são difíceis de serem descritas como regras de condição-ação.

Apesar das agências de mapeamento de vários países utilizarem sistemas baseados em agentes para a automatização da generalização cartográfica, a utilização de sistemas baseado em regras se mostrou eficaz para a detecção e visualização dos problemas de representação. A automatização da aplicação dos operadores de eliminação, simplificação e amalgamação com essa abordagem apresentou resultados razoáveis.



É necessário continuar as pesquisas em detecção automática dos problemas de representação para o aprimoramento das regras relacionadas as condições geométricas, pois estas indicam quando e em quais feições a generalização deve ser aplicada. Os sistemas especialistas desenvolvidos neste trabalho devem ser aperfeiçoados para que os problemas descritos sejam eliminados. Sugere-se o estudo e o desenvolvimento de algoritmos relacionados a solução da condição de coalescência, que considera grupos de feições e possíveis problemas de representação resultantes da aplicação de deslocamento.

Como recomendações para trabalhos futuros, sugere-se a definição de um valor mínimo para a medida de densidade, além da implementação de outras medidas espaciais e holísticas como forma, proximidade e similaridade. Tais aspectos são importantes para a avaliação cartométrica e generalização de ocupações urbanas (VETTER, 2014).

A avaliação da qualidade da carta também deve ser foco de pesquisas futuras. Após uma primeira avaliação visual, realizada pelo cartógrafo, deve-se apresentar a carta generalizada aos usuários para uma avaliação qualitativa, de acordo com seu uso. Como critérios de qualidade, pode-se citar: preservação das características geográficas, redução da informação, preservação da forma, posição relativa, distribuição espacial (STOTER et al. 2009).

Ainda é necessário a elaboração de testes com a simbologia proposta por Sluter et al (2018) no contexto da carta, pois nesta pesquisa os símbolos foram considerados de forma isolada e num fundo branco. Sugere-se que a simbologia para vias não pavimentadas seja testada com usuários, uma vez que muitos participantes não responderam à questão referente a esta feição devido a simbologia.

Com relação aos testes de percepção desta pesquisa é necessário analisar detalhadamente os resultados obtidos. Alguns testes estatísticos devem ser usados para confirmar estatisticamente qual valor avaliado é realmente legível com um determinado nível de confiança, como Friedman e ANOVA. Outros testes podem ser usados para determinar a real diferença entre as alternativas mais indicadas como legíveis, como Dunnet e Tukey.

Esta pesquisa mostra que existe um profundo conhecimento no processo de generalização, sua modelagem e possíveis abordagens e há eficientes ferramentas disponíveis para realizar o processo. Porém, ainda se faz necessário organizar o conhecimento para a definição de qual abordagem utilizar, quais ferramentas incluir

para o desenvolvimento e implementação de um sistema automatizado eficiente, que seja personalizado de acordo com as características dos dados e dos resultados esperados.

Baseado nos experimentos realizados, destaca-se que a utilização de sistemas especialistas baseados em regras de decisão torna a detecção e visualização dos problemas de representação eficiente. Apesar disso, esta abordagem apresenta limitações para a solução destes problemas. Segundo Harrie e Weibel (2007), para a definição de qual modelagem utilizar, o cartógrafo deve ter conhecimento da natureza de cada método de modelagem e um sólido conhecimento da situação da carta que será generalizada. Qualquer processo de generalização já inicia com informações limitadas, pois o sistema não pode prever todas as situações e relacionamentos entre feições, ainda mais após a aplicação dos operadores de generalização.

## REFERÊNCIAS

- AUGUSTYN, R. CZE State Mapping Generalization Efforts. In: **19<sup>th</sup> ICA Workshop on Generalization and Multiple Representation**. Helsinki, Finlandia, 2016.
- BAELLA, B., PLA, M., TALAYA, J. Generalization at the Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya. In: **2<sup>nd</sup> NMA Symposium**. Amsterdam, Holanda, 2015.
- BARD, S., RUAS, A. Why and How Evaluating Generalised Data?, In: FISHER, P.F. **Developments in Spatial Data Handling** (11<sup>th</sup> International Symposium on Spatial Data Handling). Springer, p. 327-342. 2004.
- BASARANER, M., SELCUK, M. An attempt to Automate generalization of buildings and settlement areas in topographic maps. In: ISPRS XXth Congress, 2004, Istanbul, Turquia. **Proceedings of XXth International Congress for Photogrammetry and Remote Sensing**. Disponível em: <<http://www.isprs.org/proceedings/XXXV/congress/comm4/papers/340.pdf>>. Acesso em: março de 2014.
- BEARD, K., MACKANESS, W. Generalization operations and supporting structures. In: **Proceedings of Auto-Carto 10**. p. 29-42. 1991.
- BOS, E.S. **Cartographic Symbol Design**. Lecture Notes. ITC, 1984.
- BRASIL. Decreto n. 243, de 29 de fevereiro de 1967. Fixa as Diretrizes e Base da Cartografia Brasileira e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/1965-1988/De10243.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1965-1988/De10243.htm)>. Acesso em agosto de 2016.
- BRASIL. Decreto n. 89.817, de 20 de junho de 1984. Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1980-1989/D89817.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D89817.htm)>. Acesso em agosto de 2016.
- BRASSEL, K.E., WEIBEL, R. A Review and Conceptual Framework of Automated Map Generalization. **International Journal of Geographical Information System**, 2:3, 229-244. 1988
- BURGHARDT, D., SCHMID, S., STOTER, J. Investigations on Cartographic Constraint Formalisation. In: **Workshop of the ICA Commission on Generalisation and Multiple Representation**. Moscou, Rússia. 2007
- CÂMARA TÉCNICA DE CARTOGRAFIA E GEOPROCESSAMENTOS (CTCG). **Recomendação Técnica CTCG – 001/96 Padronização das Escalas Utilizadas em Trabalhos Cartográficos**. Curitiba, 1996.

CÂMARA TÉCNICA DE CARTOGRAFIA E GEOPROCESSAMENTO DO ESTADO DO PARANÁ (CTCG) **Proposta de convenções cartográficas para o mapeamento topográfico em grande escala no estado do paraná.** Curitiba, 2009.

ÇELİK, H., SİMAV, Ö. Towards MRDB in production and Updating of DLM/DCM. In: **2<sup>nd</sup> ICA/EUROSDR NMA Symposium**, Amsterdam, Holanda. 2015.

COMÉ, S. **Generalização cartográfica para a escala 1:10.000 das feições culturais de áreas urbanas representadas em cartas topográficas na escala 1:2.000.** 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

CROMLEY, R.G.; MORSE, S.J. Some comments on numerical line generalization. In: **Geographical Analysis, Research Notes and Comments.** [S.l.] v 20, n 2, 1988.

D'ALGE, J.C.L. **Generalização Cartográfica em Sistemas de Informação Geográfica: Aplicação aos Mapas de Vegetação da Amazônia Brasileira.** 150 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

DAVID, V.L. **Impacto ambiental com o processo migratório no município de São José dos Pinhais – Estudo de caso: bairros do Guatupê e Borda do Campo.** 79f. Monografia (Graduação em Geografia) – Universidade Tuiuti do Paraná. Curitiba, 2001.

DAVIS, B.E. GIS: A Visual Approach. 2 ed. Cengage Learning, Canadá, 2001.

DAVIS, C.A. **Múltiplas Representações em Sistemas de Informações Geográficas.** Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2000.

DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO (DSG). **Manual de Convenções Cartográficas – T 34 700, 2ª parte.** Brasília, 2000.

DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO (DSG). **Norma da Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais de Defesa da Força Terrestre – ET-ADGV-DefesaFT, 1ª parte.** 1ª Edição. Brasília, 2015.

DUCHÊNE, C., et al. Generalisation in Practice Within National Mapping Agencies. In: Bughardt et al. **Abstracting Geographic Information in a Data Rich World.** Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. Switzerland, Springer International Publishing. p. 329 – 391. 2014.

FILIPPOVSKA, Y., WALTER, V., FRITSCH, D. Quality evaluation of generalization algorithms. In: ISPRS CONGRESS, Pequim, China. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.** Vol XXXVII, Part B2, Commission 2. 2008.

FRIEDMANN, R.M.P. **Fundamentos de Orientação, Cartografia e Navegação Terrestre.** 2 ed. Curitiba: Editora UTFPR, 2008.

FOERSTER, T., STOTER, J. KRAAK, M.J. Challenges for Automated Generalisation at European Mapping Agencies: A Qualitative and Quantitative Analysis. **The Cartographic Journal**. Vol. 47. n. 1. p. 41-54, fev 2010.

HARRIE, L., WEIBEL, R. Modelling the Overall Process for Generalisation. In: W. MACKANESS, W., RUAS, A., SARJAKOSKI, L.T. **Generalisation of Geographic Information: Cartographic Modelling and Applications**. Elsevier, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Noções Básicas de Cartografia**. Rio de Janeiro, 1998. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual\\_nocoas/indice.htm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoas/indice.htm). Acesso em agosto de 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo 2010**. 2010. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=412550>. Acesso em setembro de 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapeamento Topográfico**. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default\\_topo\\_int.shtm?c=1](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_topo_int.shtm?c=1). Acesso em setembro de 2016.

INTERNATIONAL CARTOGRAPHIC ASSOCIATION (ICA). **Multilingual Dictionary of Technical Terms in Cartography**. Wiedbaden, Franz Steiner Verlag, 1973.

ISSMAEL, L.S. **Generalização Cartográfica: Determinação de Operadores e de Escalas Catastróficas**. 250 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Cartográfica) – Departamento de Ciências e Tecnologia, Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2003.

JESUS, E.G.V.; FERNANDES, V.O.; ALIXANDRINI JR, M.J.; BRITO, P.L. Aplicação da Teoria da Gestalt na Construção e Análise de Mapas Turísticos. **Caminhos de Geografia**. v 13, n. 44, dez/2012. pp 43-59. 2012.

JOÃO, E.M. **Causes and Consequences of Map Generalisation**. 1 ed. Great Britain: Department of Geography and Environment, Taylor and Francis, London School of Economics, 1998.

KÄUFERLE, D. New National Maps for Switzerland. **2<sup>nd</sup> NMA Symposium and EuroSDR Workshop**. Amsterdam, Holanda. 2015.

KAZEMI, S.; LIM, S. **Is Automated Generalization There Yet?**. School of Surveying & Spatial Information Systems. University of New South Wales, Sydney, 2004.

KEATES, J.S. **Cartographic Design and Production**. 2 ed. Essex: Logman Scientific & Technical, New York, 1989.

KRAAK, M.; ORMELING, F. **Cartography: Visualization of Spatial Data**. 3 ed.

Great Britain: Pearson Education Limited, 2010.

KOLACNY, A. Cartographic Information – A Fundamental Concept and Term in Modern Cartography. **Cartographica**. Suplemento n. 1. v 14 p. 39-45. 1977.

LECORDIX, F. Cartographic Generalisation Processo on French Topographic Mapping. In: **VII Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas**, Curitiba, 2010.

LI, Z. Digital Map Generalization at the Age of Enlightenment: a Review of the First Forty Years. **The Cartographic Journal**. The British Cartographic Society. Vol 44, n 1. p. 80-93. Fevereiro, 2007.

LI, Z., YAN, H., AI, T., CHEN, J. Automated Building Generalization Based on Urban Morphology and Gestalt Theory. **International Journal of Geographical Information Science**. V 18, nº 5, Julho-Agosto, p. 513-534. 2004.

LICHTNER, W. Computer Assisted Processes of Cartographic Generalization in Topographic Maps. **Geo Processing**, n 1. p. 183-199. 1979.

LONGLEY, P.A.; GOODCHILD, M.F.; MAGUIRE, D.J.; RHIND, D.W. **Sistemas e Ciência da Informação Geográfica**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman. 540 p. 2013

MATHUR, A. Automatic Production and Updating of Topographic Maps: A Case Study Using the German AAA Data Model. In: **16<sup>TH</sup> ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation**. Dresden, Alemanha, 2013.

MARTINELLI, M. **Mapas da Geografia e Cartografia Temática**. 6 ed, São Paulo: Contexto, 2014.

MCMMASTER, R.B.; SHEA, K.S Cartographic Generalization in a Digital Environment: When and How to Generalize. In: AUTO-CARTO 9. **Proc. Symposium, Baltimore, EUA. ASPRS/ACSM**. Falls Church, Virgínia, Estados Unidos da América. p. 56-67. 1989.

MCMMASTER, R.B.; SHEA, K.S **Generalization in Digital Cartography**. 1ed. Washington: Association of American Geographers, 1992.

MENEZES, P.M.L, FERNANDES, M.C. **Roteiro de Cartografia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

MORRISON, J. L. Map Generalization: theory, practice and economics. **Proceeding of the International Symposium on Computer-Assisted Cartography (Auto-Carto II)**. U.S. Department of Commerce, bureau of the census and american congress on surveying and mapping. p. 99-112. Setembro de 1975

MONMONIER, M. **How to Lie with Maps**. 2ed. The University of Chicago Press, 1996.

MULLER, J.C.; ZESHEN, W. Area-patch Generalization: a Competitive Approach. **Cartographic Journal**, n 29. p. 137-144. 1992.



NALINI, V.T. **Avaliação Cartométrica da Base Cartográfica Digital Adequada à Gestão Urbana Derivada por Generalização Cartográfica a Partir da Escala de Origem 1:2.000**. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2005.

NEGNEVITSKY, M. **Artificial Intelligence: a guide to intelligent systems**. 2 ed. Essex: Pearson Education Limited. 2005.

PAMMER, A., KNAPP, A. Automated Generalization: From Base Models to 1:50.000 Map - the GIS Based Approach at BEV. In: **2<sup>nd</sup> ICA/EUROSDR NMA Symposium**. Viena, Austria. 2015.

PANTALEÃO, E. **Aplicação de Técnicas de Sistemas Baseados em Conhecimento em Projeto Cartográfico Temático**. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2003.

PANTALEÃO, E. Aplicação de Técnicas de Sistemas Especialistas em Projeto Cartográfico Temático. **Anais do Simpósio Brasileiro de Geomática**. Presidente Prudente, Brasil. p. 382-392. 2002.

PARANACIDADE. Serviço Social Autônomo. **Diretrizes**. Disponível em: < <http://www.paranacidade.org.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=30> > Acesso em abril de 2013.

PARANÁ. CONSELHO DE CARTOGRAFIA DO ESTADO DO PARANÁ. **Plano Cartográfico do Estado do Paraná**. Curitiba, 2010.

POMBO, R.M. **Generalização Cartográfica Automatizada de Toponímia de Sistemas Viários Utilizando Agentes**. 164 f. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS. **ATLAS 2018**. 2018 Disponível em :< <http://www.sjp.pr.gov.br/wp-content/uploads/2018/05/Apresenta%C3%A7%C3%A3o-do-Atlas-de-S%C3%A3o-Jos%C3%A9-dos-Pinhais-Completo.pdf>>. Acesso em maio de 2019.

PUGLIESI, E.A. **Desenvolvimento de Mapa Dinâmico para Sistema de Navegação Terrestre**. 216 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, 2002.

REGNAULD, N. Contextual Building Typification in Automated Map Generalization. **Algorithmica**, Nova York, n 30, p. 312-333. 2001.

REGNAULD, N., LESSWARE, S., MARTIN, P. An Enterprise System for Generalisation. In: **15<sup>th</sup> ICA Generalisation Workshop**. Istanbul, Turquia, 2012.

REGNAULD, N., HOWLAND, D. Rule Based Quality Control for Automated Generalisation and Conflation. In: **20<sup>th</sup> ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation**. Washington DC, EUA, 2017.

RIEGER, M.K., COULSON, M.R. Consensus or Confusion: Cartographers Knowledge of Generalization. **Cartographica**. Vol, 30, n 2 e 3, Summer/Autumm, p. 69-80, 1993.

ROBINSON, A.H.; MORRISON, J.L.; MUEHRCKE, P.C.; KIMERLING, A.J.; GUPTILL, S.C. **Elements of Cartography**. 6 ed. New York: John Wiley & Sons, New York, 1995

ROLSTON, D.W. **Principles of Artificial Intelligence and Expert Systems Development**. Singapore, McGraw-Hill, 1988.

ROTH, R.E. **Interacting with Maps: the Science and Practice of Cartographic Interaction**. 225 p. Dissertação (Doutorado em Filosofia) – Pennsylvania State University, 2011

RUAS A. Automatic Generalisation Project: learning process from interactive generalisation. **OEPE, European Organization for Experimental Photogrammetric Research**, Official Publication (39), Frankfurt a.M.:Bundesamt fur Kartographie un Geodaesie, 2001.

RUAS, A., PLAZANET, C.. Strategies for Automated Generalization.In: **Proceedings of the 7th Spatial Data Handling Symposium**. Delft, Holanda, p. 319-336, 1996.

SAVINO, S. **A Solution to the Problem of the Generalization of the Italian Geographical Databases from Large do Medium Scale: Approach Definition, Process Design and Operators Implementation**. 141 f. Tese (Doutorado em Engenharia da Informação) – Università di Padova, 2011.

SARJAKOSKI, L.T. Conceptual Models of Generalisation and Multiple Representation. In: W. MACKANESS, W., RUAS, A., SARJAKOSKI, L.T. **Generalisation of Geographic Information: Cartographic Modelling and Applications**. Elsevier, 2007.

SÃO JOSÉ DOS PINHAIS. **Estudo de Macroestruturação Urbana. Relatório 1 – Leitura da Realidade**. 2014.

SÃO JOSÉ DOS PINHAIS. **Atlas Municipal**. Disponível em <<http://www.sjp.pr.gov.br/wp-content/uploads/2018/05/Apresenta%C3%A7%C3%A3o-do-Atlas-de-S%C3%A3o-jos%C3%A9-dos-Pinhais-Completo.pdf>>. Acesso em maio de 2019.

SÃO JOSÉ DOS PINHAIS. Lei Completar nº 107 de 19 de abril de 2016. Dispoe sobre o Zoneamento de Uso e Ocupação do Solo do Município de São José dos Pinhais. **Diário Oficial do Município de São José dos Pinhais**. São José dos Pinhais, PR. Disponível em:< <http://www.sjp.pr.gov.br/secretarias/secretaria-urbanismo/zoneamento-e-uso-do-solo/>> Acesso em outubro de 2016.

SLOCUM, T.; MCMASTER, R.R.; KESSLER, F.C.; HOWARD, H.H. **Thematic Cartography and Geovisualization**. 3ed. New Jersey: Pearson Education, Inc, 2009.

SLUTER, C.R.; BRANDALIZE, M.C.B.; Elzakker, C.P.J.M.; Ivánová, I. Defining Standard Symbols for Street Network Maps for Urban Planning Bases on User-Requirements. In: **26<sup>th</sup> International Cartographic Conference**. Dresden, Alemanha, 2013.

SLUTER, C.R. A Proposal for Topographic Map Symbols for Large-Scale Maps of Urban Areas in Brazil. **The Cartographic Journal**, 55:4, pp 362-377, 2018.

SPINOLA, D.N. **Generalização Cartográfica em SIG Aplicada a um Mapa de Uso e Cobertura do Solo em Formato Vetorial e Matricial**. 133 f. Monografia (Graduação em Geografia) – Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2010.

STANISLAWSKI, L.V., BUTTENFIELD, B.P. Preserving Line Sinuosity in Hydrographic Feature Simplification. In: **20<sup>th</sup> ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation**. Washington DC, EUA, 2017.

STEINIGER, S.; WEIBEL, R. Relations Among Map Objects in Cartographic Generalization. **Cartography and Geographic Information Science**. EUA, v 34, n. 3. Julho, 2007.

STOTER, J.E. Generalisation: The Gap Between Research and Practice. **8<sup>th</sup> ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation**. La Corunã, Espanha, 2005.

STOTER, J., et al. Methodology for Evaluating Automated Map Generalization in Commercial Software. **Computer, Environment and Urban Systems**. 2009

STOTER, J. et al. Evaluation in Generalisation. In: **Abstracting Geographic Information in a Data Rich Worl**. p. 259-297. 2014.

STOTER, J. et al. Fully Automated generalization of a 1:50k map from 1:10k data. **Cartography and Geographic Information Science**. Vol 41, n1, pp 1-13, 2014.

STOTER, J. et al. Automated Generalisation Within NMAs in 2016. In: XXIII ISPRS CONGRESS. Praga. República Tcheca. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**. V XLI – B4, p. 647-662, 2016.

SWISS SOCIETY OF CARTOGRAPHY (SSC). **Maps Graphics and Generalisation**. Cartographic Publication Series no 17, 2002.

TAILLENDIER, P., DUCHÊNE, C., DROGOUL, A. Automatic revision of rules used to guide the generalization process in systems based on trial and error strategy. In: **International Journal of Geographical Information Science**. Vol 25, n 12.

Dezembro, p. 1971-1999, 2011.

TAURA, T.A. **Estudo da Simbologia para Cartas nas Escalas 1:2.000, 1:5.000 e 1:10.000 de Mapeamento Urbano do PARANACIDADE e Generalização Cartográfica**. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

TAURA, T.A. et al. Experiência de Generalização Cartográfica em Edificações. In: **V Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas**. Presidente Prudente. p 210-215, 2007.

VETTER, A. **The Automatic Generalisation of Buildings Whilst Maintaining the Settlement Structure: A Case Study Based on the 1:50.000 Swiss National Map Series**. 145 f. Dissertação (Mestrado em Cartografia) – Vienna University of Technology, 2014.

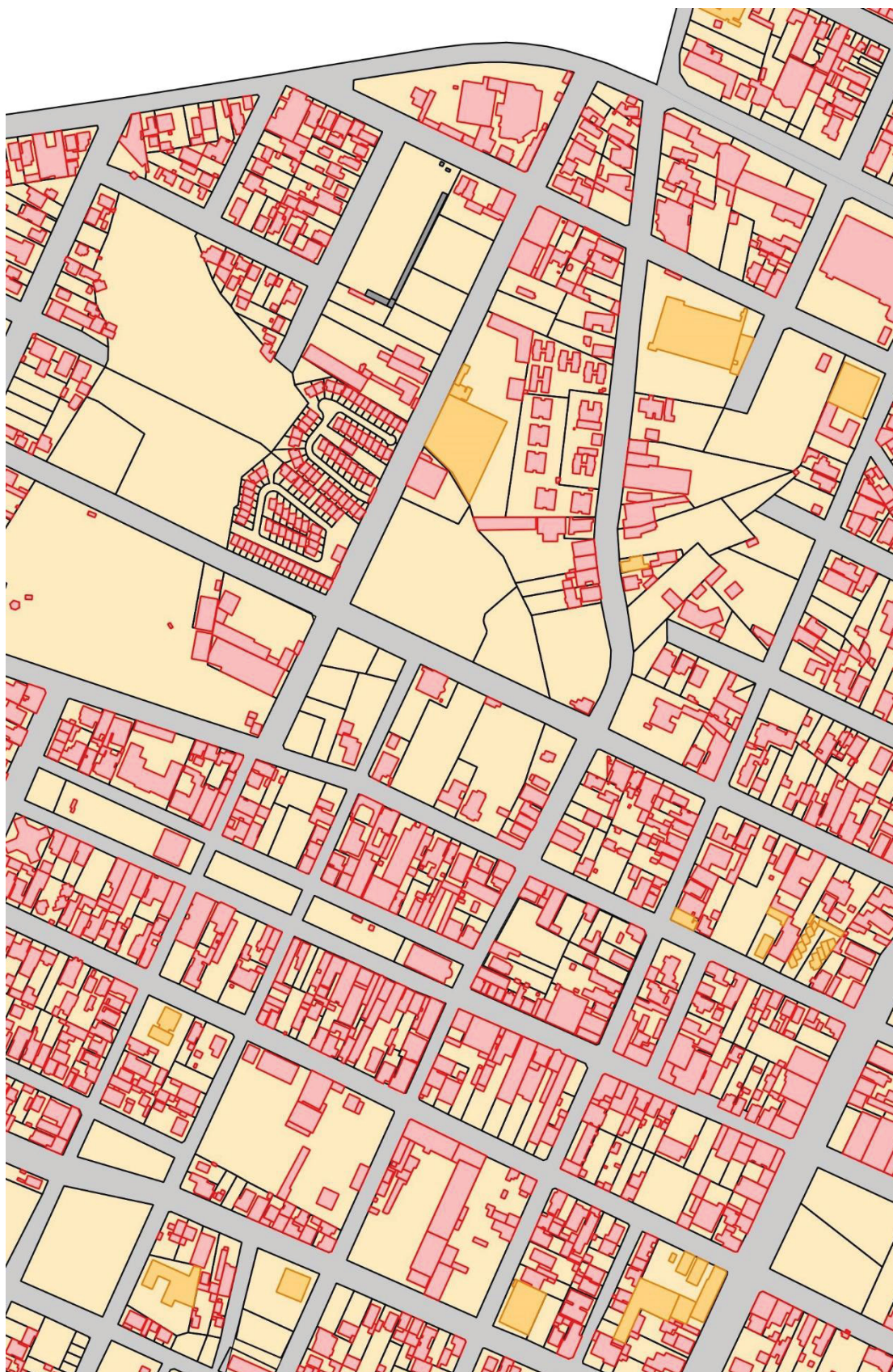
WARE, J.M.; JONES, C.B. Conflict Reduction in Map Generalization Using Iterative Improvement. **Geoinformatica**. y 2, n. 4. p. 383-407. 1998.

WEIBEL, R., DUTTON, G. Generalising spatial data and dealing with multiple Representations. In: LONGLEY, P.A., GOODCHILD, M.F., MAGUIRE, D.J., RHIND, D.W. **Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications**. 2<sup>nd</sup> ed. Chichester: John Wiley. p. 125-155. 1999.

ZHANG, X. **Automated Evaluation of Generalized Topographic Maps – supported by formalization and data enrichment techniques**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências da Geoinformação e Observação Terrestre, University of Twente, Enschede, Holanda, 2012.

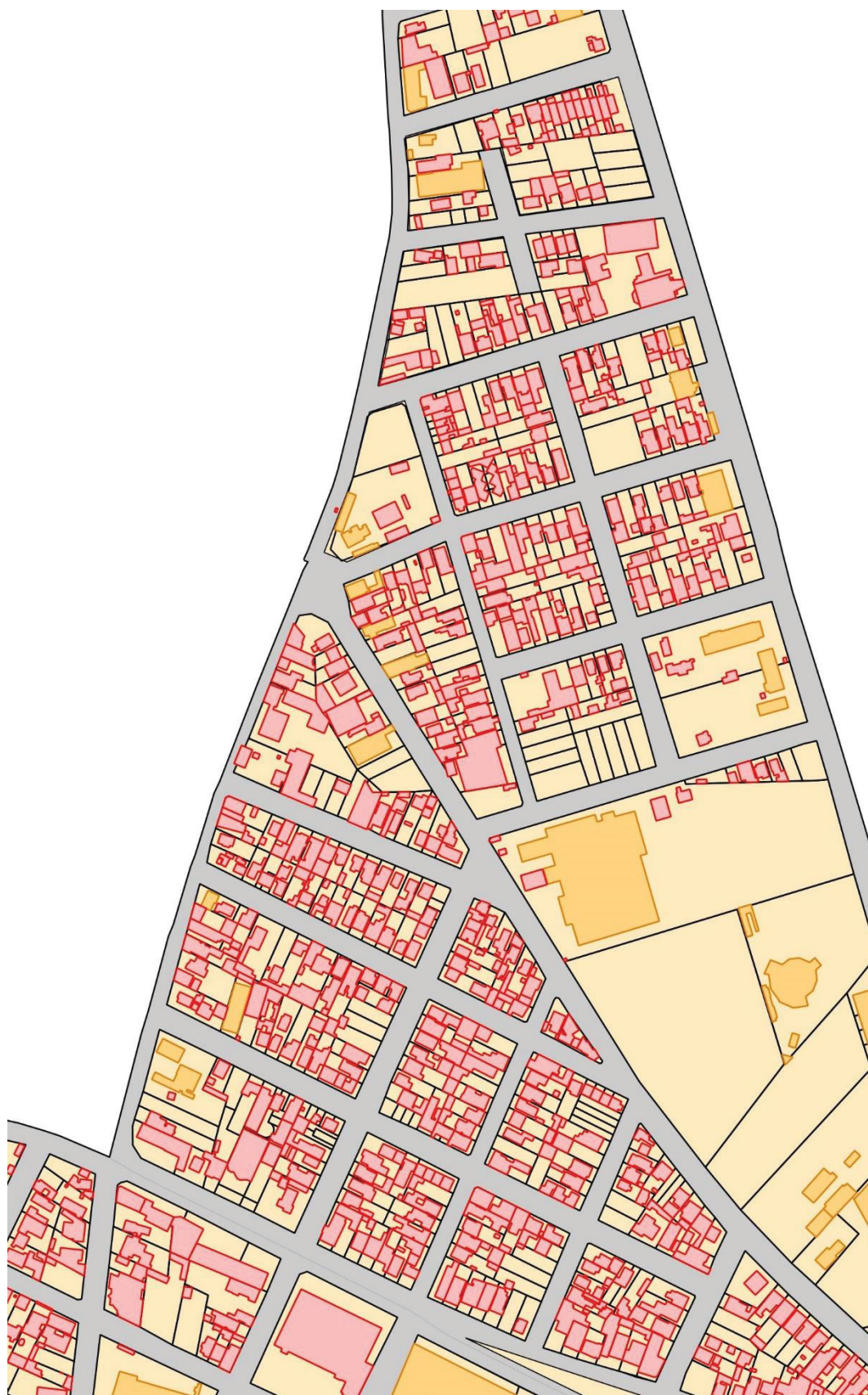


**APÊNDICE 1 – RECORTE DA ÁREA DE ESTUDO 01 – BAIRRO CENTRO –  
ESCALA 1:5.000**



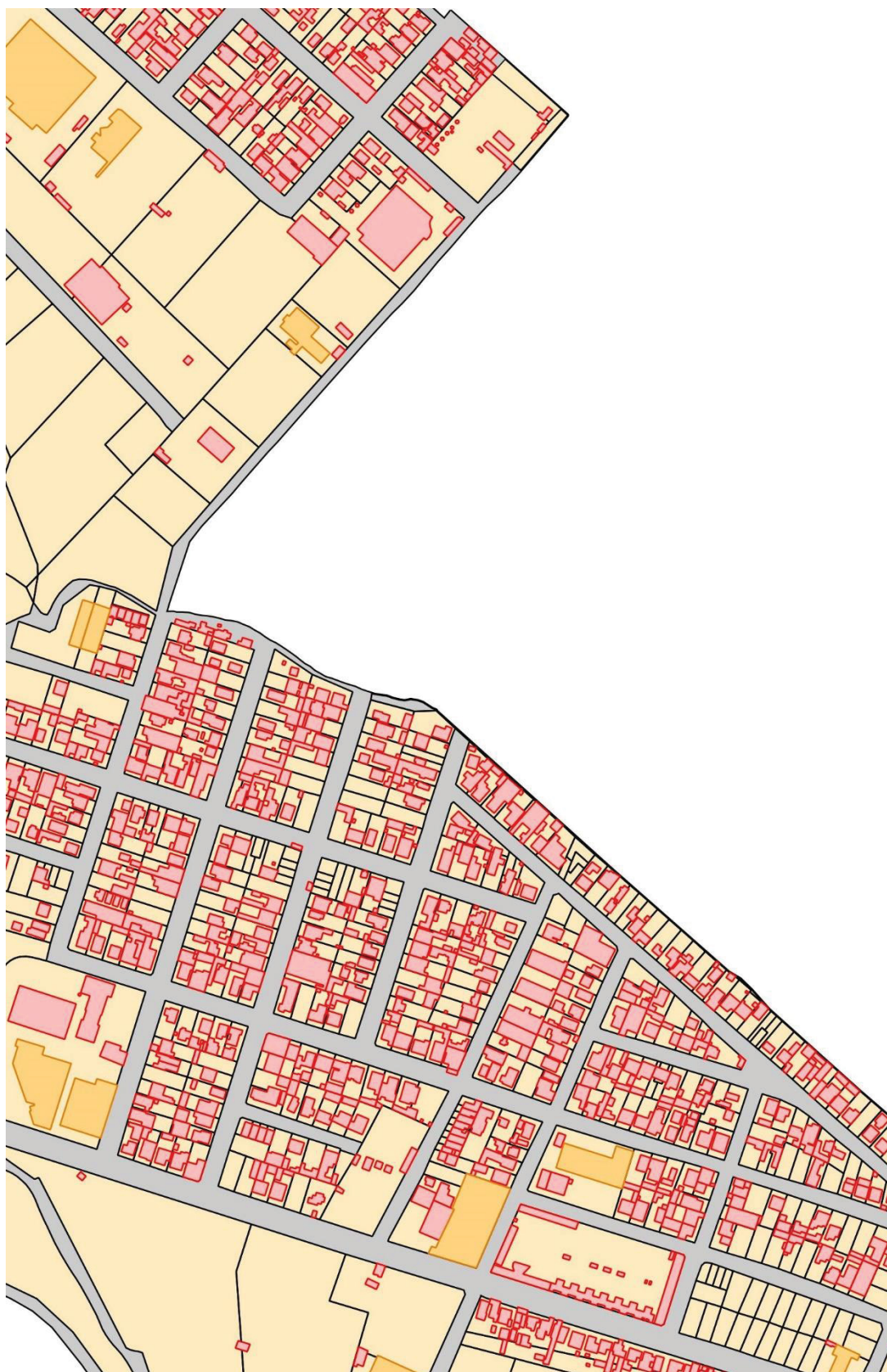


**APÊNDICE 2 – RECORTE DA ÁREA DE ESTUDO 02 – BAIRRO SÃO CRISTÓVÃO – ESCALA 1:5.000**



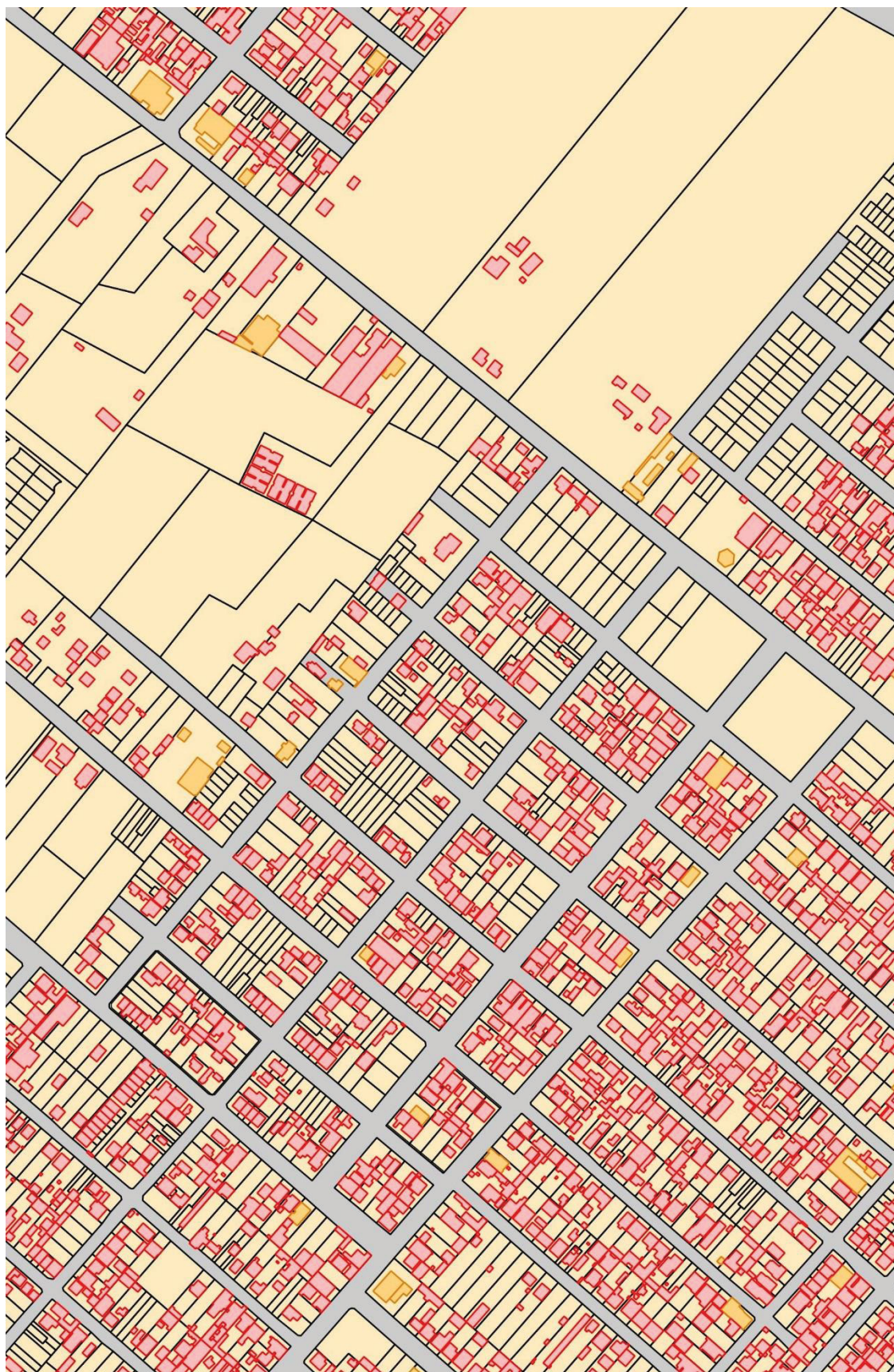


**APÊNDICE 3 – RECORTE DA ÁREA DE ESTUDO 03 – BAIRRO ÁGUAS BELAS –  
ESCALA 1:5.000**





**APÊNDICE 4 – RECORTE DA ÁREA DE ESTUDO 04 – BAIRRO PARQUE DA FONTE – ESCALA 1:5.000**



**APÊNDICE 5 – RECORTE DA ÁREA DE ESTUDO 05 – BAIRRO ROSEIRA DE  
SÃO SEBASTIÃO – ESCALA 1:5.000**



## **APÊNDICE 6 – TESTE DE PERCEPÇÃO VISUAL – TIPO 1**



## Teste de percepção visual

Este teste tem como objetivo verificar a visibilidade e legibilidade de símbolos (pontuais, lineares e de área) empregados em cartas topográficas urbanas. Os resultados farão parte da pesquisa de doutorado da aluna Monica Castro ([castro.moniacac@gmail.com](mailto:castro.moniacac@gmail.com)), sob orientação da Profª Drª Claudia Robbi Sluter ([robbi@ufpr.br](mailto:robbi@ufpr.br)).

- Nenhum dado pessoal será divulgado;
- As informações obtidas serão utilizadas exclusivamente para a realização da pesquisa;
- Quaisquer que sejam as questões, não existem respostas ‘corretas’ ou ‘erradas, e
- Em todas as questões há 7 alternativas. Marque, somente, aquelas claramente **visíveis** e **legíveis** para você.

Estamos à disposição para solucionar quaisquer dúvidas que possam surgir. Desde já, obrigada!

Ao assinar este termo, você concorda em participar da pesquisa, segundo os termos mencionados acima e o objetivo do teste.

---

*Assinatura*

Data: \_\_\_\_\_

Hora inicial: \_\_\_\_\_

## Questionário

1. Idade: \_\_\_\_\_

2. Você apresenta algum problema visual?

( ) Não

( ) Miopia. Grau: \_\_\_\_\_

( ) Astigmatismo. Grau: \_\_\_\_\_

( ) Hipermetropia. Grau: \_\_\_\_\_

( ) Daltonismo.

( ) Outro. Qual? \_\_\_\_\_

\*você se sente confortável com o atual grau de suas lentes? \_\_\_\_\_

Em caso afirmativo, responda os itens 3 e 4. Do contrário, siga para o item 5.

3. Você, neste momento, utiliza lentes corretivas (óculos, lentes)?

---

4. Você já sofreu alguma operação para corrigir problemas visuais? Qual?

---

5. Com qual gênero você se identifica?

☐ Feminino

☐ Masculino

☐ Prefiro não dizer

☐ Outro: \_\_\_\_\_



6. Qual seu nível de instrução?

☐ Ensino básico (fundamental e/ou médio)

☐ Ensino técnico

☐ Graduação em andamento

☐ Graduação

☐ Mestrado

☐ Doutorado

☐ Outro: \_\_\_\_\_

7. Qual o campo de conhecimento de sua formação?

(Ex.: Graduação em Agronomia, mestrado em Ciências Cartográficas, Graduação em andamento em Engenharia Florestal).

---

---

8. Você já utilizou uma carta topográfica:

☐ Sim

☐ Não

1. Marque as alternativas nas quais você vê claramente uma linha tracejada.

a) 

b) 

c) 


d) 

e) 

f) 

g) 


2. Marque as alternativas nas quais você vê 3 (três) linhas paralelas.


a) 


b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

g) 

3. Abaixo são apresentadas sequências de polígonos. Marque as alternativas nas quais você passa a ver o retângulo como uma linha.

a) 

a) 

b) 

b) 

c) 

c) 

d) 

d) 

e) 

e) 

f) 

f) 

g) 

g) 

a) 

b) 

c) 

d) 


e) 

f) 


g) 

4. Abaixo é apresentada uma sequência de polígonos. Marque as alternativas nas quais você vê facilmente os símbolos

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

g) 

5. As figuras abaixo apresentam áreas internas. Em quais alternativas você vê claramente essa área e seu contorno?

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

g) 

6. As figuras abaixo apresentam detalhes na sua representação. Em quais alternativas você vê claramente estes detalhes?

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 


f) 

g) 

7. Uma sequência de figuras de área é apresentada abaixo. Marque as alternativas nas quais você vê o espaçamento entre as feições.

a) 

b) 

c) 

d) 


e) 

f) 

g) 

8. A seguir são apresentadas sequências de figuras lineares e de área. A cada sequência, marque as alternativas nas quais você vê o espaçamento entre as feições.

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

g) 

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

g) 

a) 

b) 

c) 

d) 


e) 

f) 

g) 

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 


f) 

g) 





9. Abaixo é apresentada uma sequência de polígonos. Marque a alternativa na qual o polígono passa a ser visualizado como ponto.

a) 


b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

g) 

Hora final: \_\_\_\_\_

## **APÊNDICE 7 – TESTE DE PERCEPÇÃO VISUAL – TIPO 2**

## Teste de percepção visual

Este teste tem como objetivo verificar a visibilidade e legibilidade de símbolos (pontuais, lineares e de área) empregados em cartas topográficas urbanas. Os resultados farão parte da pesquisa de doutorado da aluna Monica Castro ([castro.moniacac@gmail.com](mailto:castro.moniacac@gmail.com)), sob orientação da Profª Drª Claudia Robbi Sluter ([robbi@ufpr.br](mailto:robbi@ufpr.br)).

- Nenhum dado pessoal será divulgado;
- As informações obtidas serão utilizadas exclusivamente para a realização da pesquisa;
- Quaisquer que sejam as questões, não existem respostas ‘corretas’ ou ‘erradas, e
- Em todas as questões há 7 alternativas. Marque, somente, aquelas claramente **visíveis** e **legíveis** para você.

Estamos à disposição para solucionar quaisquer dúvidas que possam surgir. Desde já, obrigada!

Ao assinar este termo, você concorda em participar da pesquisa, segundo os termos mencionados acima e o objetivo do teste.

---

*Assinatura*

Data: \_\_\_\_\_

Hora inicial: \_\_\_\_\_

## Questionário

1. Idade: \_\_\_\_\_

2. Você apresenta algum problema visual?

( ) Não

( ) Miopia. Grau: \_\_\_\_\_

( ) Astigmatismo. Grau: \_\_\_\_\_

( ) Hipermetropia. Grau: \_\_\_\_\_

( ) Daltonismo.

( ) Outro. Qual? \_\_\_\_\_

\*você se sente confortável com o atual grau de suas lentes? \_\_\_\_\_

Em caso afirmativo, responda os itens 3 e 4. Do contrário, siga para o item 5.

3. Você, neste momento, utiliza lentes corretivas (óculos, lentes)?

---

4. Você já sofreu alguma operação para corrigir problemas visuais? Qual?

---

5. Com qual gênero você se identifica?

☐ Feminino

☐ Masculino

☐ Prefiro não dizer

☐ Outro: \_\_\_\_\_

6. Qual seu nível de instrução?

☐ Ensino básico (fundamental e/ou médio)

☐ Ensino técnico

☐ Graduação em andamento

☐ Graduação

☐ Mestrado

☐ Doutorado

☐ Outro: \_\_\_\_\_

7. Qual o campo de conhecimento de sua formação?

(Ex.: Graduação em Agronomia, mestrado em Ciências Cartográficas, Graduação em andamento em Engenharia Florestal).

---

---

8. Você já utilizou uma carta topográfica:

☐ Sim

☐ Não

1. Marque as alternativas nas quais você vê claramente uma linha tracejada.

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

g) 


2. Marque as alternativas nas quais você vê 3 (três) linhas paralelas.


a) 


b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

g) 



3. Abaixo são apresentadas sequências de polígonos. Marque as alternativas nas quais você passa a ver o retângulo como uma linha.

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

g) 

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

g) 

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

g) 

4. Abaixo é apresentada uma sequência de polígonos. Marque as alternativas nas quais você vê facilmente os símbolos

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

g) 

5. As figuras abaixo apresentam áreas internas. Em quais alternativas você vê claramente essa área e seu contorno?

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

g) 

6. As figuras abaixo apresentam detalhes na sua representação. Em quais alternativas você vê claramente estes detalhes?

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

g) 

7. Uma sequência de figuras de área é apresentada abaixo. Marque as alternativas nas quais você vê o espaçamento entre as feições.

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

g) 

8. A seguir são apresentadas sequências de figuras lineares e de área. A cada sequência, marque as alternativas nas quais você vê o espaçamento entre as feições.

a) ☐

b) ☐

c) ☐

d) ☐

e) ☐

f) ☐

g) ☐

a) ☐

b) ☐

c) ☐

d) ☐

e) ☐

f) ☐

g) ☐

a) ☐

b) ☐

c) ☐

d) ☐

e) ☐

f) ☐

g) ☐

a) ☐

b) ☐

c) ☐

d) ☐

e) ☐

f) ☐

g) ☐

9. Abaixo é apresentada uma sequência de polígonos. Marque a alternativa na qual o polígono passa a ser visualizado como ponto.

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

g) 

Hora final: \_\_\_\_\_

## **APÊNDICE 8 – TESTE DE PERCEPÇÃO VISUAL – TIPO 3**



## Teste de percepção visual

Este teste tem como objetivo verificar a visibilidade e legibilidade de símbolos (pontuais, lineares e de área) empregados em cartas topográficas urbanas. Os resultados farão parte da pesquisa de doutorado da aluna Monica Castro ([castro.moniacac@gmail.com](mailto:castro.moniacac@gmail.com)), sob orientação da Profª Drª Claudia Robbi Sluter ([robbi@ufpr.br](mailto:robbi@ufpr.br)).

- Nenhum dado pessoal será divulgado;
- As informações obtidas serão utilizadas exclusivamente para a realização da pesquisa;
- Quaisquer que sejam as questões, não existem respostas ‘corretas’ ou ‘erradas, e
- Em todas as questões há 7 alternativas. Marque, somente, aquelas claramente **visíveis** e **legíveis** para você.

Estamos à disposição para solucionar quaisquer dúvidas que possam surgir. Desde já, obrigada!

Ao assinar este termo, você concorda em participar da pesquisa, segundo os termos mencionados acima e o objetivo do teste.

---

*Assinatura*

Data: \_\_\_\_\_

Hora inicial: \_\_\_\_\_

## Questionário

1. Idade: \_\_\_\_\_

2. Você apresenta algum problema visual?

( ) Não

( ) Miopia. Grau: \_\_\_\_\_

( ) Astigmatismo. Grau: \_\_\_\_\_

( ) Hipermetropia. Grau: \_\_\_\_\_

( ) Daltonismo.

( ) Outro. Qual? \_\_\_\_\_

\*você se sente confortável com o atual grau de suas lentes? \_\_\_\_\_

Em caso afirmativo, responda os itens 3 e 4. Do contrário, siga para o item 5.

3. Você, neste momento, utiliza lentes corretivas (óculos, lentes)?

---

4. Você já sofreu alguma operação para corrigir problemas visuais? Qual?

---

5. Com qual gênero você se identifica?

☐ Feminino

☐ Masculino

☐ Prefiro não dizer

☐ Outro: \_\_\_\_\_

6. Qual seu nível de instrução?

☐ Ensino básico (fundamental e/ou médio)

☐ Ensino técnico

☐ Graduação em andamento

☐ Graduação

☐ Mestrado

☐ Doutorado

☐ Outro: \_\_\_\_\_

7. Qual o campo de conhecimento de sua formação?

(Ex.: Graduação em Agronomia, mestrado em Ciências Cartográficas, Graduação em andamento em Engenharia Florestal).

---

---

8. Você já utilizou uma carta topográfica:

☐ Sim

☐ Não

1. Marque as alternativas nas quais você vê claramente uma linha tracejada.

a) 

b) 

c) 


d) 

e) 

f) 

g) 


2. Marque as alternativas nas quais você vê 3 (três) linhas paralelas.


a) 


b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

g) 

3. Abaixo são apresentadas sequências de polígonos. Marque as alternativas nas quais você passa a ver o retângulo como uma linha.

a) 

a) 

b) 

b) 

c) 

c) 

d) 

d) 

e) 

e) 

f) 

f) 

g) 

g) 

a) 

b) 

c) 


d) 

e) 

f) 

g) 

4. Abaixo é apresentada uma sequência de polígonos. Marque as alternativas nas quais você vê facilmente os símbolos

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

g) 

5. As figuras abaixo apresentam áreas internas. Em quais alternativas você vê claramente essa área e seu contorno?

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

g) 

6. As figuras abaixo apresentam detalhes na sua representação. Em quais alternativas você vê claramente estes detalhes?

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

g) 

7. Uma sequência de figuras de área é apresentada abaixo. Marque as alternativas nas quais você vê o espaçamento entre as feições.

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

g) 



8. A seguir são apresentadas sequências de figuras lineares e de área. A cada sequência, marque as alternativas nas quais você vê o espaçamento entre as feições.

a) ☐

b) ☐

c) ☐

d) ☐

e) ☐

f) ☐

g) ☐

a) ☐

b) ☐

c) ☐

d) ☐

e) ☐

f) ☐

g) ☐

a) ☐

b) ☐

c) ☐

d) ☐

e) ☐

f) ☐

g) ☐

a) ☐

b) ☐

c) ☐

d) ☐


e) ☐

f) ☐


g) ☐


9. Abaixo é apresentada uma sequência de polígonos. Marque a alternativa na qual o polígono passa a ser visualizado como ponto.


a) 


b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

g) 

Hora final: \_\_\_\_\_

**APÊNDICE 9 – TESTE DE PERCEPÇÃO VISUAL – TIPO 4**

## Teste de percepção visual

Este teste tem como objetivo verificar a visibilidade e legibilidade de símbolos (pontuais, lineares e de área) empregados em cartas topográficas urbanas. Os resultados farão parte da pesquisa de doutorado da aluna Monica Castro ([castro.moniacac@gmail.com](mailto:castro.moniacac@gmail.com)), sob orientação da Profª Drª Claudia Robbi Sluter ([robbi@ufpr.br](mailto:robbi@ufpr.br)).

- Nenhum dado pessoal será divulgado;
- As informações obtidas serão utilizadas exclusivamente para a realização da pesquisa;
- Quaisquer que sejam as questões, não existem respostas ‘corretas’ ou ‘erradas, e
- Em todas as questões há 7 alternativas. Marque, somente, aquelas claramente **visíveis** e **legíveis** para você.

Estamos à disposição para solucionar quaisquer dúvidas que possam surgir. Desde já, obrigada!

Ao assinar este termo, você concorda em participar da pesquisa, segundo os termos mencionados acima e o objetivo do teste.

---

*Assinatura*

Data: \_\_\_\_\_

Hora inicial: \_\_\_\_\_

## Questionário

1. Idade: \_\_\_\_\_

2. Você apresenta algum problema visual?

( ) Não

( ) Miopia. Grau: \_\_\_\_\_

( ) Astigmatismo. Grau: \_\_\_\_\_

( ) Hipermetropia. Grau: \_\_\_\_\_

( ) Daltonismo.

( ) Outro. Qual? \_\_\_\_\_

\*você se sente confortável com o atual grau de suas lentes? \_\_\_\_\_

Em caso afirmativo, responda os itens 3 e 4. Do contrário, siga para o item 5.

3. Você, neste momento, utiliza lentes corretivas (óculos, lentes)?

---

4. Você já sofreu alguma operação para corrigir problemas visuais? Qual?

---

5. Com qual gênero você se identifica?

☐ Feminino

☐ Masculino

☐ Prefiro não dizer

☐ Outro: \_\_\_\_\_

6. Qual seu nível de instrução?

☐ Ensino básico (fundamental e/ou médio)

☐ Ensino técnico

☐ Graduação em andamento

☐ Graduação

☐ Mestrado

☐ Doutorado

☐ Outro: \_\_\_\_\_

7. Qual o campo de conhecimento de sua formação?

(Ex.: Graduação em Agronomia, mestrado em Ciências Cartográficas, Graduação em andamento em Engenharia Florestal).

---

---

8. Você já utilizou uma carta topográfica:

☐ Sim

☐ Não

1. Marque as alternativas nas quais você vê claramente uma linha tracejada.

a) 

b) 

c) 


d) 

e) 

f) 

g) 


2. Marque as alternativas nas quais você vê 3 (três) linhas paralelas.


a) 


b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

g) 



3. Abaixo são apresentadas sequências de polígonos. Marque as alternativas nas quais você passa a ver o retângulo como uma linha.

a) 

a) 

b) 

b) 

c) 

c) 

d) 

d) 

e) 

e) 

f) 

f) 

g) 

g) 

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

g) 

4. Abaixo é apresentada uma sequência de polígonos. Marque as alternativas nas quais você vê facilmente os símbolos

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

g) 

5. As figuras abaixo apresentam áreas internas. Em quais alternativas você vê claramente essa área e seu contorno?

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

g) 

6. As figuras abaixo apresentam detalhes na sua representação. Em quais alternativas você vê claramente estes detalhes?

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

g) 

7. Uma sequência de figuras de área é apresentada abaixo. Marque as alternativas nas quais você vê o espaçamento entre as feições.

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

g) 

8. A seguir são apresentadas sequências de figuras lineares e de área. A cada sequência, marque as alternativas nas quais você vê o espaçamento entre as feições.

a) ☐

b) ☐

c) ☐

d) ☐

e) ☐

f) ☐

g) ☐

a) ☐

b) ☐

c) ☐

d) ☐

e) ☐

f) ☐

g) ☐

a) ☐

b) ☐

c) ☐

d) ☐

e) ☐

f) ☐

g) ☐

a) ☐

b) ☐

c) ☐

d) ☐

e) ☐

f) ☐

g) ☐

9. Abaixo é apresentada uma sequência de polígonos. Marque a alternativa na qual o polígono passa a ser visualizado como ponto.

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

g) 

Hora final: \_\_\_\_\_

## APÊNDICE 10 – SISTEMA ESPECIALISTA – VISIBILIDADE

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""
/*****
simplificar
                A QGIS plugin
Identificar feições com problema de visibilidade e aplicar o operador de simplificacao
-----
begin          : 2018-08-30
git sha        : $Format:%H$
copyright      : (C) 2019 by monica c
email          : castro.monicac@gmail.com
*****/

/*****
*****/
"""
from PyQt4.QtCore import *
from PyQt4.QtGui import *
from qgis.core import *
from qgis.gui import *
from qgis.utils import *
from qgis.analysis import *
# Initialize Qt resources from file resources.py
import resources
# Import the code for the dialog
from simplificar_dialog import simplificarDialog
import os.path
import pycpg2
import osgeo.ogr
import processing
import os
import math
class simplificar:
    """QGIS Plugin Implementation."""

    def __init__(self, iface):

        # Save reference to the QGIS interface
        self.iface = iface
        # initialize plugin directory
        self.plugin_dir = os.path.dirname(__file__)
        # initialize locale
        locale = QSettings().value('locale/userLocale')[0:2]
        locale_path = os.path.join(
            self.plugin_dir,
            'i18n',
            'simplificar_{}.qm'.format(locale))

        if os.path.exists(locale_path):
            self.translator = QTranslator()
            self.translator.load(locale_path)

            if qVersion() > '4.3.3':
                QCoreApplication.installTranslator(self.translator)

        # Declare instance attributes
```

```

self.actions = []
self.menu = self.tr(u'simplificar')
# TODO: We are going to let the user set this up in a future iteration
self.toolbar = self.iface.addToolBar(u'simplificar')
self.toolbar.setObjectName(u'simplificar')

# noinspection PyMethodMayBeStatic
def tr(self, message):
    # noinspection PyTypeChecker,PyArgumentList,PyCallByClass
    return QCoreApplication.translate('simplificar', message)

def add_action(
    self,
    icon_path,
    text,
    callback,
    enabled_flag=True,
    add_to_menu=True,
    add_to_toolbar=True,
    status_tip=None,
    whats_this=None,
    parent=None):

    # Create the dialog (after translation) and keep reference
    self.dlg = simplificarDialog()

    icon = QIcon(icon_path)
    action = QAction(icon, text, parent)
    action.triggered.connect(callback)
    action.setEnabled(enabled_flag)

    if status_tip is not None:
        action.setStatusTip(status_tip)

    if whats_this is not None:
        action.setWhatsThis(whats_this)

    if add_to_toolbar:
        self.toolbar.addAction(action)

    if add_to_menu:
        self.iface.addPluginToMenu(
            self.menu,
            action)

    self.actions.append(action)

    return action

def initGui(self):

    icon_path = ':/plugins/simplificar/icon.png'
    self.add_action(
        icon_path,
        text=self.tr(u'simplificar'),
        callback=self.run,
        parent=self.iface.mainWindow())

```



```

def unload(self):
    for action in self.actions:
        self.iface.removePluginMenu(
            self.tr(u'&simplificar'),
            action)
        self.iface.removeToolBarIcon(action)
    # remove the toolbar
    del self.toolbar

def run(self):
    # show the dialog
    self.dlg.show()
    self.dlg.layerCombo.clear()
    layers = QgsMapLayerRegistry.instance().mapLayers().values()

    #Criar layers vazios para o processamento
    src_dir = "C:\\python\\Dados\\Arquivos criados modelos QGIS"
    layer_output1 = os.path.join(src_dir, "poligonos eliminados.shp")
    layer_output2 = os.path.join(src_dir, "poligonos restantes.shp")
    layer_output3 = os.path.join(src_dir, "poligonos linhas.shp")
    layer_output4 = os.path.join(src_dir, "linhas comprimento.shp")
    layer_output5 = os.path.join(src_dir, "menores linhas.shp")
    layer_output6 = os.path.join(src_dir, "poligono simplificar.shp")
    layer_output7 = os.path.join(src_dir, "linhas simplificadas.shp")
    #layer_output8 = os.path.join(src_dir, "Poligonos simplificadas.shp")
    for layer in layers:
        if layer.type() == QgsMapLayer.VectorLayer:
            self.dlg.layerCombo.addItem( layer.name(), layer )
    result = self.dlg.exec_()
    # See if OK was pressed
    if result == 1:
        index = self.dlg.layerCombo.currentIndex()
        layer = self.dlg.layerCombo.itemData(index)

        #ETAPA 1 teste geometria
        if layer.wkbType()==Qgis.WKBPoint:
            #mensagem aviso
            iface.messageBar().pushMessage("escolha outra camada",
level=QgsMessageBar.CRITICAL)
        if layer.wkbType()==Qgis.WKBLineString:
            #mensagem de aviso
            iface.messageBar().pushMessage("escolha outra camada",
level=QgsMessageBar.CRITICAL)
        if layer.wkbType()==Qgis.WKBPolygon:
            #ETAPA 2 poligonos que tem menos de 4 m². Lado poligono 0,80 mm, na escala 5K = 4m.
            Considerando area.
            processing.runalg('qgis:extractbyattribute', layer, 'area', 4, 16.0, layer_output1)
            #Adicionar resultado 1
            rmc = os.path.join(src_dir, "poligonos eliminados.shp")
            layer_output1 = QgsVectorLayer(rmc,"Poligonos Eliminados", "ogr")
            QgsMapLayerRegistry.instance().addMapLayer(layer_output1)
            layer_output1.loadNamedStyle('C:\\python\\Simbologia\\eliminado.qml')
            #Contagem feicoes
            QMessageBox.information(self.iface.mainWindow(),"Info", "%s tem %d poligonos com area
menor que 16 m quadrados. Operador: eliminacao"
%(layer_output1.name(),layer_output1.featureCount()))
            #ETAPA 3 CASO NAO TENHA NENHUMA FEICAO PARA ELIMINACAO FAZER
            CONTAGEM DE POLIGONOS
            #if feat_count

```

```

#ETAPA 3 processar so com os poligonos restantes
processing.runalg('qgis:difference', layer,layer_output1,True,layer_output2)
#Adicionar resultado 1
rmc = os.path.join(src_dir, "poligonos restantes.shp")
layer_output2 = QgsVectorLayer(rmc,"Poligonos restantes", "ogr")
QgsMapLayerRegistry.instance().addMapLayer(layer_output2)
layer_output2.loadNamedStyle('C:\python\Simbologia\area destaque.qml')
#ETAPA 4 poligonos para linha
processing.runalg('saga:convertpolygonstolines', layer_output2,layer_output3)
#Adicionar resultado 2
rmc = os.path.join(src_dir, "poligonos linhas.shp")
layer_output3 = QgsVectorLayer(rmc,"Poligonos restantes linhas", "ogr")
QgsMapLayerRegistry.instance().addMapLayer(layer_output3)
layer_output3.loadNamedStyle('C:\python\Simbologia\linha preta.qml')
#ETAPA 5 Explodir linhas aplicacao ferramenta explodir linhas
processing.runalg('qgis:explodelines', layer_output3,layer_output4)
#Adicionar na tela resultado 3
rmc = os.path.join(src_dir, "linhas comprimento.shp")
layer_output4 = QgsVectorLayer(rmc,"Linhas comprimento", "ogr")
QgsMapLayerRegistry.instance().addMapLayer(layer_output4)
layer_output4.loadNamedStyle('C:\python\Simbologia\linha destaque.qml')

caps = layer_output4.dataProvider().capabilities()
features = layer_output4.getFeatures()
coluna = QgsField('Length', QVariant.Double)
res = layer_output4.dataProvider().addAttributes([coluna])
leng = layer_output4.dataProvider().fieldNameIndex
layer_output4.updateFields()
fieldIndex = layer_output4.dataProvider().fieldNameIndex( "Length" )
layer_output4.startEditing()
for f in features:
    geom = f.geometry()
    leng = geom.length()
    layer_output4.changeAttributeValue(f.id(),fieldIndex, leng)
layer_output4.commitChanges()
layer_output4.updateFields()

#ETAPA 6 Extrair por atributos linhas menores valor minimo
processing.runalg('qgis:extractbyattribute', layer_output4, 'Length', 4, 2.0, layer_output5)
#Adicionar na tela resultado 3
rmc = os.path.join(src_dir, "menores linhas.shp")
layer_output5 = QgsVectorLayer(rmc,"Menores linhas", "ogr")
QgsMapLayerRegistry.instance().addMapLayer(layer_output5)
layer_output5.loadNamedStyle('C:\python\Simbologia\linha eliminada.qml')
# #ETAPA 7 extrair por localizacao
processing.runalg('qgis:extractbylocation', layer_output2,
layer_output5,['intersects','touches','overlaps', 'cross'], 4.0, layer_output6)
#Adicionar na tela resultado 4
rmc = os.path.join(src_dir, "poligono simplificar.shp")
layer_output6 = QgsVectorLayer(rmc,"Poligonos simplificar", "ogr")
QgsMapLayerRegistry.instance().addMapLayer(layer_output6)
layer_output6.loadNamedStyle('C:\python\Simbologia\area destaque.qml')
#Contagem feicoes
QMessageBox.information(self.iface.mainWindow(),"Info", "%s tem %d poligonos com lados
menores que 2.5 metros. Operador sugerido: Simplificacao."
%(layer_output6.name(),layer_output6.featureCount()))
#ETAPA 8 simplificar

```

```

processing.runalg('qgis:simplifygeometries', layer_output6, 2, layer_output7)
#Adicionar na tela resultado 4
rmc = os.path.join(src_dir, "linhas simplificadas.shp")
layer_output7 = QgsVectorLayer(rmc, "RESULTADO", "ogr")
QgsMapLayerRegistry.instance().addMapLayer(layer_output7)
layer_output7.loadNamedStyle('C:\python\Simbologia\resultado1.qml')
#Contagem feicoes
QMessageBox.information(self.iface.mainWindow(), "Info", "%s tem %d poligonos
simplificados" %(layer_output7.name(), layer_output7.featureCount()))
# for layer in QgsMapLayerRegistry.instance().mapLayers().values():
#     if layer.name() == "Poligonos restantes linhas":
#         QgsMapLayerRegistry.instance().removeMapLayers([layer.id()])
#     if layer.name() == "Poligonos restantes":
#         QgsMapLayerRegistry.instance().removeMapLayers([layer.id()])

pass

```

## APÊNDICE 11 – SISTEMA ESPECIALISTA – LEGIBILIDADE – CONGESTIONAMENTO

```
# -*- coding: utf-8 -*-
```

```
"""
```

```
/*****
```

```
densidade
```

```
A QGIS plugin
```

```
Densidade de casas por quadra
```

```
-----
begin          : 2019-02-06
git sha        : $Format:%H$
copyright      : (C) 2019 by Monica C
email          : castro.moniacac@gmail.com
```

```
*****/
```

```
"""
```

```
from PyQt4.QtCore import *
from PyQt4.QtGui import *
from qgis.core import *
from qgis.gui import *
from qgis.utils import *
from qgis.analysis import *
# Initialize Qt resources from file resources.py
import resources
# Import the code for the dialog
from densidade_dialog import densidadeDialog
import os.path
import psycopg2
import osgeo.ogr
import processing
import os
class densidade:
    """QGIS Plugin Implementation."""

    def __init__(self, iface):

        # Save reference to the QGIS interface
        self.iface = iface
        # initialize plugin directory
        self.plugin_dir = os.path.dirname(__file__)
        # initialize locale
        locale = QSettings().value('locale/userLocale')[0:2]
        locale_path = os.path.join(
            self.plugin_dir,
            'i18n',
            'densidade_{}.qm'.format(locale))

        if os.path.exists(locale_path):
            self.translator = QTranslator()
            self.translator.load(locale_path)

            if qVersion() > '4.3.3':
                QCoreApplication.installTranslator(self.translator)

        # Declare instance attributes
        self.actions = []
        self.menu = self.tr(u'Densidade')
        # TODO: We are going to let the user set this up in a future iteration
        self.toolbar = self.iface.addToolBar(u'Densidade')
```

```

        self.toolbar.setObjectName(u'densidade')

# noinspection PyMethodMayBeStatic
def tr(self, message):

    # noinspection PyTypeChecker,PyArgumentList,PyCallByClass
    return QApplication.translate('densidade', message)

def add_action(
    self,
    icon_path,
    text,
    callback,
    enabled_flag=True,
    add_to_menu=True,
    add_to_toolbar=True,
    status_tip=None,
    whats_this=None,
    parent=None):

    # Create the dialog (after translation) and keep reference
    self.dlg = densidadeDialog()

    icon = QIcon(icon_path)
    action = QAction(icon, text, parent)
    action.triggered.connect(callback)
    action.setEnabled(enabled_flag)

    if status_tip is not None:
        action.setStatusTip(status_tip)

    if whats_this is not None:
        action.setWhatsThis(whats_this)

    if add_to_toolbar:
        self.toolbar.addAction(action)

    if add_to_menu:
        self.iface.addPluginToMenu(
            self.menu,
            action)

    self.actions.append(action)

    return action

def initGui(self):
    """Create the menu entries and toolbar icons inside the QGIS GUI."""

    icon_path = ':/plugins/densidade/icon.png'
    self.add_action(
        icon_path,
        text=self.tr(u'densidade'),
        callback=self.run,
        parent=self.iface.mainWindow())

def unload(self):

```

```

"""Removes the plugin menu item and icon from QGIS GUI."""
for action in self.actions:
    self.iface.removePluginMenu(
        self.tr(u'&densidade'),
        action)
    self.iface.removeToolBarIcon(action)
# remove the toolbar
del self.toolbar

def run(self):
    """Run method that performs all the real work"""
    # show the dialog
    self.dlg.show()
    self.dlg.layerCombo.clear()
    self.dlg.layerCombo2.clear()
    layers = QgsMapLayerRegistry.instance().mapLayers().values()

    #Criar layers vazios para processamento
    src_dir = "C:\\python\\Dados\\Arquivos criados modelos QGIS"
    layer_output1 = os.path.join(src_dir, "centroides_casas.shp")
    layer_output2 = os.path.join(src_dir, "quadras pontos.shp")
    layer_output3 = os.path.join(src_dir, "quadras densidade.shp")
    layer_output4 = os.path.join(src_dir, "casas densidade.shp")
    layer_output5 = os.path.join(src_dir, "casas vizinhas.shp")
    layer_output6 = os.path.join(src_dir, "casas sem limite.shp")
    layer_output7 = os.path.join(src_dir, "quadras coluna.shp")
    for layer in layers:
        if layer.type() == QgsMapLayer.VectorLayer:
            self.dlg.layerCombo.addItem(layer.name(), layer)
            self.dlg.layerCombo2.addItem(layer.name(), layer)
            #self.dlg.layerCombo.addItems(layer_list)
            #self.dlg.layerCombo2.addItems(layer_list)
    # Run the dialog event loop
    result = self.dlg.exec_()
    # See if OK was pressed
    if result == 1:
        index = self.dlg.layerCombo.currentIndex()
        layer = self.dlg.layerCombo.itemData(index)
        index2 = self.dlg.layerCombo2.currentIndex()
        layer_2 = self.dlg.layerCombo2.itemData(index2)
        #ETAPA 1 Centroide do poligono
        processing.runalg('qgis:polygoncentroids', layer, layer_output1)
        #Adicionar resultado do processamento na tela
        rmc = os.path.join(src_dir, "centroides_casas.shp")
        layer_output1 = QgsVectorLayer(rmc, "Pontos casas", "ogr")
        QgsMapLayerRegistry.instance().addMapLayer(layer_output1)
        layer_output1.loadNamedStyle('C:\\python\\Simbologia\\ponto destaque.qml')
        #Contagem feicoes
        QMessageBox.information(self.iface.mainWindow(), "Info", "%s tem %d casas"
            %(layer_output1.name(), layer_output1.featureCount()))
        #ETAPA 2 contar pontos dentro do poligono
        processing.runalg('qgis:countpointsinpolygon', layer_2, layer_output1, 'casas', layer_output2)
        #Adicionar coluna densidade residencial un/hectare
        #ETAPA 3 calculo densidade residencial na tabela
        processing.runalg('qgis:fieldcalculator',
            layer_output2, 'dens', 1, 10.0, 3.0, True, 'casas/hectare', layer_output7)
        #ETAPA 4 extrair quadras muitas casas
        processing.runalg('qgis:extractbyattribute', layer_output7, 'dens', 2, 56, layer_output3)

```

```

#Adicionar resultado
rmc = os.path.join(src_dir, "quadras densidade.shp")
layer_output3 = QgsVectorLayer(rmc,"Quadras densidade", "ogr")
QgsMapLayerRegistry.instance().addMapLayer(layer_output3)
layer_output3.loadNamedStyle('C:\python\Simbologia\quadras1.qml')

#ETAPA 4 intersecao da camada de casas com as quadras densidade
processing.runalg('qgis:intersection',layer,layer_output3,False,layer_output4)
#Adicionar resultado do processamento na tela
rmc = os.path.join(src_dir, "casas densidade.shp")
layer_output4 = QgsVectorLayer(rmc,"Casas quadras densidade", "ogr")
QgsMapLayerRegistry.instance().addMapLayer(layer_output4)
layer_output4.loadNamedStyle('C:\python\Simbologia\amarelo destaque.qml')
#mensagem indicando operador
#QMessageBox.information(self.iface.mainWindow(),"Info", "%s tem %d casas que devem ser
generalizadas.          Operador          sugerido:          Amalgamacao"
%(layer_output4.name(),layer_output4.featureCount()))
#ETAPA 6 extrair casas que se tocam por quadra
processing.runalg('qgis:extractbylocation',          layer_output4,
layer_output4,['intersects','touches','overlaps'], 4.0, layer_output5)
#Adicionar resultado do processamento na tela
rmc = os.path.join(src_dir, "casas vizinhas.shp")
layer_output5 = QgsVectorLayer(rmc,"Casas mesma quadra", "ogr")
QgsMapLayerRegistry.instance().addMapLayer(layer_output5)
layer_output5.loadNamedStyle('C:\python\Simbologia\ciano destaque.qml')
#mensagem
QMessageBox.information(self.iface.mainWindow(),"Info", "%s tem %d casas que devem ser
generalizadas.          Operador          sugerido:          Amalgamacao"
%(layer_output5.name(),layer_output5.featureCount()))
#ETAPA 7 aplicacao da funcao dissolve
#processing.runalg('qgis:dissolve', layer_output5, True, 0, layer_output6)
processing.runalg('saga:polygondissolvebyattribute',
layer_output5,'NUMQDR','NUMQDR','NUMQDR',False,layer_output6)
#Adicionar resultado do processamento na tela
rmc = os.path.join(src_dir, "casas sem limite.shp")
layer_output6 = QgsVectorLayer(rmc,"Casas sem limites", "ogr")
QgsMapLayerRegistry.instance().addMapLayer(layer_output6)
layer_output6.loadNamedStyle('C:\python\Simbologia\Residencial v_nova.qml')
#ETAPA 7 calcular quantidade de casas depois do dissolve

pass

```



## APÊNDICE 12 – SISTEMA ESPECIALISTA – LEGIBILIDADE – COALESCÊNCIA

# -\*- coding: utf-8 -\*-

"""

/\*\*\*\*\*

distancia

A QGIS plugin

distancia poligonos

```

begin          : 2018-09-02
git sha        : $Format:%H$
copyright      : (C) 2018 by Monica Castro
email          : castro.monicac@gmail.com

```

\*\*\*\*\*/

"""

```

from PyQt4.QtCore import *
from PyQt4.QtGui import *
from qgis.core import *
from qgis.gui import *
from qgis.utils import *
from qgis.analysis import *
# Initialize Qt resources from file resources.py
import resources
# Import the code for the dialog
from distancia_dialog import distanciaDialog
import os.path
import psycopg2
import osgeo.ogr
import processing
import os

```

class distancia:

"""QGIS Plugin Implementation."""

def \_\_init\_\_(self, iface):

```

# Save reference to the QGIS interface
self.iface = iface
self.canvas = iface.mapCanvas()
# initialize plugin directory
self.plugin_dir = os.path.dirname(__file__)
# initialize locale
locale = QSettings().value('locale/userLocale')[0:2]
locale_path = os.path.join(
    self.plugin_dir,
    'i18n',
    'distancia_{}.qm'.format(locale))

```

```

if os.path.exists(locale_path):
    self.translator = QTranslator()
    self.translator.load(locale_path)

```

```

if qVersion() > '4.3.3':
    QApplication.installTranslator(self.translator)

```

```

# Declare instance attributes
self.actions = []
self.menu = self.tr(u'distancia ')
# TODO: We are going to let the user set this up in a future iteration
self.toolbar = self.iface.addToolBar(u'distancia')

```

```

        self.toolbar.setObjectName(u'distancia')

# noinspection PyMethodMayBeStatic
def tr(self, message):
    # noinspection PyTypeChecker,PyArgumentList,PyCallByClass
    return QApplication.translate('distancia', message)

def add_action(
    self,
    icon_path,
    text,
    callback,
    enabled_flag=True,
    add_to_menu=True,
    add_to_toolbar=True,
    status_tip=None,
    whats_this=None,
    parent=None):

    # Create the dialog (after translation) and keep reference
    self.dlg = distanciaDialog()

    icon = QIcon(icon_path)
    action = QAction(icon, text, parent)
    action.triggered.connect(callback)
    action.setEnabled(enabled_flag)

    if status_tip is not None:
        action.setStatusTip(status_tip)

    if whats_this is not None:
        action.setWhatsThis(whats_this)

    if add_to_toolbar:
        self.toolbar.addAction(action)

    if add_to_menu:
        self.iface.addPluginToMenu(
            self.menu,
            action)

    self.actions.append(action)

    return action

def initGui(self):
    """Create the menu entries and toolbar icons inside the QGIS GUI."""

    icon_path = ':/plugins/distancia/icon2.png'
    self.add_action(
        icon_path,
        text=self.tr(u'distancia'),
        callback=self.run,
        parent=self.iface.mainWindow())

def unload(self):
    """Removes the plugin menu item and icon from QGIS GUI."""

```

```

for action in self.actions:
    self.iface.removePluginMenu(
        self.tr(u'&distancia '),
        action)
    self.iface.removeToolBarIcon(action)
# remove the toolbar
del self.toolbar

#def selecionar_arquivo_saida(self):
#filename = QFileDialog.getSaveFileName(self.dlg, "Selecione arquivo de saida","", '*.shp')
#self.dlg.lineEdit.setText(filename)

def run(self):
    """Run method that performs all the real work"""
    # show the dialog
    self.dlg.show()
    self.dlg.layerCombo.clear()
    self.dlg.layerCombo_2.clear()
    layers = QgsMapLayerRegistry.instance().mapLayers().values()

    #Criar layers vazios para processamento
    src_dir = "C:\python\Dados\Arquivos criados modelos QGIS"
    layer_output1 = os.path.join(src_dir, "buffer_output.shp")
    layer_output2 = os.path.join(src_dir, "overlap_output.shp")
    layer_output3 = os.path.join(src_dir, "extracao resultado.shp")

    for layer in layers:
        if layer.type() == QgsMapLayer.VectorLayer:
            self.dlg.layerCombo.addItem( layer.name(), layer )
            self.dlg.layerCombo_2.addItem( layer.name(), layer)
# Run the dialog event loop
result = self.dlg.exec_()
# See if OK was pressed
if result == 1:
    index = self.dlg.layerCombo.currentIndex()
    layer = self.dlg.layerCombo.itemData(index)
    index2 = self.dlg.layerCombo_2.currentIndex()
    layer_2 = self.dlg.layerCombo_2.itemData(index2)
    #ETAPA 1 teste geometria
    if layer.wkbType()==Qgis.WKBPoint:
        #mensagem aviso
        iface.messageBar().pushMessage("escolha                outra                camada",
level=QgsMessageBar.CRITICAL)
    if layer.wkbType()==Qgis.WKBLineString:
        #mensagem de aviso
        iface.messageBar().pushMessage("escolha                outra                camada",
level=QgsMessageBar.CRITICAL)
    if layer.wkbType()==Qgis.WKBPolygon:
        #ETAPA 2 aplicacao do buffer
        processing.runalg ('qgis:fixeddistancebuffer',layer,2.0,5,1,layer_output1)
        #Adicionar resultado do buffer na tela
        rmc = os.path.join(src_dir, "buffer_output.shp")
        layer_output1 = QgsVectorLayer(rmc,"Resultado Buffer", "ogr")
        QgsMapLayerRegistry.instance().addMapLayer(layer_output1)
        layer_output1.loadNamedStyle('C:\python\Simbologia\cinzabuffer.qml')
        #ETAPA 3 aplicacao intersecao
        processing.runalg ('qgis:intersection',layer_output1,layer_2,False,layer_output2)
        #Adicionar resultado na tela
        rmc = os.path.join(src_dir, "overlap_output.shp")
        layer_output2 = QgsVectorLayer(rmc,"Resultado Intesecao", "ogr")

```

```

QgsMapLayerRegistry.instance().addMapLayer(layer_output2)
layer_output2.loadNamedStyle('C:\python\Simbologia\amarelo.qml')
#ETAPA 4 Extracao poligonos com problemas
processing.runalg('qgis:extractbylocation', layer, layer_2,['touches','crosses'], 10.0,
layer_output3)
#Adicionar resultado da intersecao da camada escolhida com outra intersecao na tela
rnc = os.path.join (src_dir, 'extracao resultado.shp')
layer_output3 = QgsVectorLayer (rnc, "Resultado feicoes", "ogr")
QgsMapLayerRegistry.instance().addMapLayer(layer_output3)
layer_output3.loadNamedStyle('C:\python\Simbologia\ciano destaque.qml')

#Contagem feicoes
QMessageBox.information(self.iface.mainWindow(),"Info", "%d feicoes com problema de
legibilidade. Operador sugerido: deslocamento" %(layer_output3.featureCount()))
pass

```

**ANEXO 1 – TABELA DE PARÂMETROS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO**

TABELA DE PARÂMETROS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
PARÂMETROS DE OCUPAÇÃO (1) (2)										CLASSIFICAÇÃO DOS USOS (13)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Testada (m) / Lote mínimo (m²)	Altura máxima (nº de pavimentos) (4) (5)	Coeficiente de Aproveitamento			Taxa de ocupação máxima (%)	Recuo Frontal mínimo (m) (12)	Afastamento mínimo divis (m) (12)	Densidade residencial máxima (unidade habitacional / hectare)	ZONA (29)	Habitacional (14) (15)				Público (19) (21) (22)					Comércio e Serviço Específicos (25)				Serviços (19) (20) (21) (22)					Industrial (19) (20) (21) (22)	Extrativista (26)	Agropecuária (27)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
		Base	Potencial construtivo máximo a ceder (9)	Potencial construtivo máximo a receber (9)						Unifamiliar	Cond. edifício Horizontal / Cond. de Sub-Setos / Cond. Coletiva (16)	Habituação Institucional (18)	Transitória 1 (17)	Transitória 2 (18)	Comércio 1 (23)	Comércio 2 (23)	Comércio 3 (24)	Comércio 4 (24) (25)	Serviço 1 (23)	Serviço 2 (23)	Serviço 3 (24)	Serviço 4 (24) (25)	Industrial 1 (23)	Industrial 2 (23)	Industrial 3 (23)	Industrial 4 (24) (25)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
15/450	8	2,5	1,5	60	25	5/0	250	alta	EC51	Eixo de Comércio e Serviço 1	A	P	P	-	A	P	P	A	A	C	P	-	P	A	C	P	-	A	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Legenda CLASSIFICAÇÃO DOS USOS\*:**

A	Residência
C	Comércio
P	Permissível
-	Proibido

\*A partir dos resultados de análises e/ou vistorias de uma ou mais Secretarias, os usos e atividades classificados nesta tabela, e conforme o artigo 22 desta Lei Complementar, poderão ser reclassificados para um nível mais criterioso de análise.

**Observações:**

- (1) Observar condicionantes e restrições contidas no Capítulo IV da presente Lei Complementar.
- (2) As áreas que estiverem dentro do limite de manancial estabelecido por legislação estadual, deverão obedecer aos parâmetros urbanísticos definidos na legislação estadual.
- (3) Proibido arrendamento conforme Lei Federal nº 6766/79.
- (4) Refere-se à altura máxima da edificação com ou sem recebimento de potencial construtivo.
- (5) Observar as disposições dos artigos 43 e 44 da presente Lei Complementar.
- (6) Altura máxima de 30 metros para garagens, varandas e edifícios similares para uso não habitacional. A altura máxima de 3 pavimentos para demais usos.
- (7) A altura máxima dos imóveis da ZECH será definida pelo zoneamento urbano e/ou pelo plano diretor municipal, observando-se o artigo 16 e Anexo II da presente Lei Complementar.
- (8) Altura da edificação de acordo com normas técnicas e vigilância sanitária para o bom andamento das atividades. A altura máxima de 3 pavimentos para uso habitacional e público.
- (9) A ser regulamentado em lei específica.
- (10) Taxa de ocupação máxima de 10% para Zona Rural; Taxa de ocupação máxima de 20% para os lotes com testada para as vias descritas no § 3º do artigo 21 da presente Lei Complementar.
- (11) Taxa de permeabilidade mínima de 80% para Zona Rural; Taxa de permeabilidade mínima de 70% para os lotes com testada para as vias descritas no § 3º do artigo 21 da presente Lei Complementar.
- (12) Observar as disposições dos artigos 46 e 47 da presente Lei Complementar.
- (13) Observar condicionantes e restrições contidas no Capítulo II e III da presente Lei Complementar.
- (14) Todos os usos habitacionais com 50 unidades autônomas ou mais deverão apresentar Estudo de Impacto de Vizinhança, conforme o § 9º do artigo 30 desta Lei Complementar.
- (15) A respeito de rede de abastecimento de água e/ou de coleta de esgoto, observar as disposições do artigo 29 da presente Lei Complementar.
- (16) Para 20 ou mais unidades habitacionais, observar as disposições do § 6º do artigo 30 da presente Lei Complementar.
- (17) Para 20 ou mais lotes, observar as disposições do § 6º do artigo 30 da presente Lei Complementar.
- (18) Deverão ter seus acessos analisados e aprovados pela SEMUTRAN/DEMUTRAN conforme § 9º do artigo 30 da presente Lei Complementar.
- (19) Os usos a partir de 300m² de área utilizada para a atividade no lote (construída ou não) deverão ser analisados pela SEMUTRAN/DEMUTRAN, conforme artigo 26 desta Lei Complementar.
- (20) Os usos a partir de 5000m² de área utilizada para a atividade no lote (construída ou não), serão considerados permissíveis conforme artigo 27 da presente Lei Complementar, excetuando os proibidos.
- (21) Os usos a partir de 5000m² de área utilizada para a atividade no lote (construída ou não), deverão apresentar Estudo de Impacto de Vizinhança, conforme artigo 28 da presente Lei Complementar.
- (22) Os usos condicionados submeter-se-ão à análise das Secretarias Municipais de Urbanismo, Meio Ambiente, Transporte e Trânsito, Validação e Obras Públicas e/ou Saúde conforme artigo 22 e Anexo IV desta Lei Complementar.
- (23) Não será permitido condomínio para estas classificações.
- (24) Os usos e atividades classificados nessa categoria deverão apresentar Estudo de Impacto de Vizinhança.
- (25) Observar as disposições do inciso VI e § 5º do artigo 25 da presente Lei Complementar.
- (26) Observar as disposições do inciso VII e § 5º do artigo 25 da presente Lei Complementar.
- (27) Extração mineral desde que vinculado ao poder público.
- (28) Zona Especial Aeroportuária segue a os parâmetros conforme legislação específica.
- (29) Zona Especial Aeroportuária segue a os parâmetros conforme legislação específica.

**ANEXO 2 – SIMBOLOGIA PARANACIDADE**



TABELA DE NÍVEIS										SERVIÇO SOCIAL AUTÔNOMO PARANACIDADE										Escala: 1:2.000		
CÓDIGOS DE USO																						
NÍVEL	ENTIDADE	COR DE PLOTAGEM	COR	ESP. ARQUIVO	ESP. PENA	CÓD. USO TRACÇO	FORMA TRACÇO	CÓD. USO SÍMBOLO	FORMA SÍMBOLO	TAMANHO SÍMBOLO	CÓD. USO TEXTO	TAMANHO TEXTO	CÓD. USO HACHURA	FORMA HACHURA	EXEMPLO							
0	Enquadramento	AZ	1			1	_____								_____○							
001/499	Reservado às Instituições																					
500	Malha de Coordenadas UTM	PR	15	0.18		1	_____								_____X							
501	Toponímia do Nível 500	PR	15	0.18							2	1,5 x 2,0			X							
502	Malha de Coordenadas Geográficas	PR	15	0.18		1	_____								_____							
503	Toponímia do Nível 502	PR	15	0.18							1	1,0 x 1,5			X							
504	Trópico de Capricórnio e Toponímia	PR	15	0.18		1	_____				2	1,5 x 2,0			X							
510	Quadro Legenda Geral (Dados Fixos)	PR	15	0.18											X							
511	Quadro Legenda (Dados Fixos)	PR	15	0.25											X							
512	Quadro Legenda Inst. (Dados Fixos)	PR	15	0.35											X							
513	Quadro Legenda (Dados Variáveis)	PR	15	0.18											X							
514	Quadro Legenda Inst. (Dados Variáveis)	PR	15	0.35											X							
520	Pontos de Apoio Fundamental Horizontal (IBGE)	PR	15	0.18				11	△	2,0 x 2,0	1	1,0 x 1,5			△ VT 91645							
	Pontos de Apoio Fundamental Vertical (IBGE)	PR	15	0.18				8	□	2,0 x 2,0	1	1,0 x 1,5			□ RN 2847-T 263.326							
	Pontos de Apoio Básico Horizontal	PR	15	0.18				26	△	2,0 x 2,0	1	1,0 x 1,5			△ MR-1001A							
	Pontos de Apoio Básico Vertical	PR	15	0.18				28	□	2,0 x 2,0	1	1,0 x 1,5			□ RN-1001A 261.238							
	Pontos de Apoio Suplementar Planialimétricos (HVs)	PR	15	0.18				20	⊕	2,0 x 2,0	1	1,0 x 1,5			⊕ HV 10268							
521	Pontos Colados	PR	15	0.18				3	○	1,0 x 1,0	1	1,0 x 1,5			○ 242,5							
522	Ptos Intervias / Nível D'água	VO	4	0.18				3	○	1,0 x 1,0	1	1,0 x 1,5			○ 242,5 NA 242,5							
530	Curva de Nível Mestre ( 5m em 5m )	VO	4	0.25		1	_____								○							
	Curvas de Nível Mestre sobre Edificações	VO	4	0.25		31	⏟ 1								○							
531	Toponímia do Nível 530	VO	4	0.18							1	1,0 x 1,5			○							
532	Curvas de Nível Intermediárias ( 1m em 1m ) e Toponímias	PR	15	0.18		1	_____				1	1,0 x 1,5			○							
	Curvas de Nível Intermediárias sobre Edificações e Toponímias	PR	15	0.18		31	⏟ 1				1	1,0 x 1,5			○							
533	Modelo Digital Terreno - DTM (Ortofoto)	Sépia	14	0.18		1	_____								○							
540	Divisa Internacional e Toponímia	PR	15	0.5		27	⏟ 1				5	2,5 x 3,0			X							
541	Divisa Estadual e Toponímia	PR	15	0.35		28	⏟ 1				5	2,5 x 3,0			X							
542	Divisa Municipal e Toponímia	PR	15	0.35		9	⏟ 1				5	2,5 x 3,0			X							

NÍVEL	ENTIDADE	COR DE PLOTAGEM	COR ARQUIVO	ESP. PENA	CÓD. USO TRAÇO	FORMA TRAÇO	CÓD. USO SIMBOLO	FORMA SIMBOLO	TAMANHO SIMBOLO	CÓD. USO TEXTO	TAMANHO TEXTO	CÓD. USO HACHURA	FORMA HACHURA	EXEMPLO
543	Divisa Distrital e Toponímia	PR	15	0,35	2	$\frac{5}{3} - \frac{5}{3} -$				5	2,5 x 3,0			
544	Perímetro Urbano e Toponímia	PR	15	0,35	29	$\frac{4}{1} \frac{1}{1} \frac{4}{1} \frac{1}{1} \frac{4}{1} \frac{1}{1}$				5	2,5 x 3,0			
545	Divisa de Parques e Reservas / Toponímias	PR	15	0,35	30	$\frac{6}{1} \frac{6}{1} \frac{6}{1} \frac{6}{1}$	36	.	0,35	5	2,5 x 3,0			
546	Setor Censitário e Toponímia	PR	15	0,35	30	$\frac{6}{1} \frac{6}{1} \frac{6}{1} \frac{6}{1}$				5	2,5 x 3,0			
547	Divisa de Bairros e Toponímias	PR	15	0,35	2	$\frac{5}{3} - \frac{5}{3} -$				2	1,5 x 2,0			
548	Alinhamento Predial Definido	PR	15	0,18	1	—								
549	Alinhamento Predial por prolongamento	LL	5	0,18	30	$\frac{6}{1} \frac{6}{1} \frac{6}{1} \frac{6}{1}$								
	Alinhamento Predial Indefinido	LL	5	0,18	15	$\frac{2}{1} \frac{2}{1} \frac{2}{1}$								
550	Limite de Propriedades (Muros e Grades)	PR	15	0,18	1	—								
	Cerca	PR	15	0,18	3	$\frac{10}{1} \frac{10}{1} \frac{10}{1}$	18	x	1,0 x 1,0					
	Cerca Viva	PR	15	0,18	4	$\frac{10}{1} \frac{10}{1} \frac{10}{1}$	3	o	1,0 x 1,0					
	Cerca Mista	PR	15	0,18	10	$\frac{10}{1} \frac{10}{1} \frac{10}{1}$	4	□	1,0 x 1,0					
560	Rio Perene	AZ	1	0,25	1	—	35	→	3,0 x 2,0					
561	Toponímia do Nível 560	AZ	1	0,25		—				1	1,0 x 1,5			
562	Barragens e Toponímias	AZ	1	0,25	1	—				1	1,0 x 1,5			
	Barragem de Aterro e Toponímia	AZ	1	0,25	26	$\frac{5}{1} \frac{5}{1} \frac{5}{1} \frac{5}{1}$	34		2,0 x 2,0	1	1,0 x 1,5			
	Barragem de Concreto e Toponímia	AZ	1	0,25	32	$\frac{5}{1} \frac{5}{1} \frac{5}{1} \frac{5}{1}$	47		2,0 x 2,0	1	1,0 x 1,5			
563	Açudes e Toponímias	AZ	1	0,25	1	—				1	1,0 x 1,5			
564	Alagados e Mangues	AZ	1	0,25	0	TRAÇO INV/SIVEL						2	$\frac{3}{2} \frac{3}{2} \frac{3}{2}$	
565	Poços, Tanques e Toponímias	AZ	1	0,18	1	—				4	1,0 x 1,0			
566	Valas e Drenos	AZ	1	0,25	5	$\frac{5}{1} \frac{5}{1} \frac{5}{1} \frac{5}{1}$	15	***	5,0 x 1,0					
567	Cavas e Toponímias	AZ	1	0,25	25	$\frac{3}{1} \frac{1}{1} \frac{3}{1} \frac{1}{1}$				1	1,0 x 1,5			
568	Rio Intermitente e Toponímia	AZ	1	0,25	13	$\frac{5}{1} \frac{1}{1} \frac{5}{1} \frac{1}{1}$	35	→	3,0 x 2,0	(1)	(1,0 x 1,5)			
569	Lagos, Lagoas Perenes e Toponímias	AZ	1	0,25	1	—				(1)	(1,0 x 1,5)	1		
570	Lagos, Lagoas Intermitentes e Toponímias	AZ	1	0,25	8	$\frac{7}{1} \frac{1}{1} \frac{7}{1} \frac{1}{1}$				(1)	(1,0 x 1,5)	1		
571	Canais, Rios Canalizados e Toponímias	AZ	1	0,25	1	—	35	→	3,0 x 2,0	(1)	(1,0 x 1,5)			
572	Corredeiras, Cachoelras e Toponímias	AZ	1	0,25	36	$\frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1}$	32	!	0,5 x 1,0	(1)	(1,0 x 1,5)			
573	Nascentes, Fontes e Toponímias	AZ	1	0,25	1	—	25	o	1,5 x 1,5	(1)	(1,0 x 1,5)			
574	Bueiros	AZ	1	0,25			30 12	, )	0,5 x 1,5 1,0 x 3,0					
580	Recifes Rochosos	PR	15	0,18	37		44		1,0 x 1,5	1	1,0 x 1,5			

NÍVEL	ENTIDADE	COR DE PLOTAGEM	COR ARQUIVO	ESP. PENA	CÓD. USO TRAÇO	FORMA TRAÇO	CÓD. USO SIMBOLO	FORMA SIMBOLO	TAMANHO SIMBOLO	CÓD. USO TEXTO	TAMANHO TEXTO	CÓD. USO HACHURA	FORMA HACHURA	EXEMPLO
582	Fundeadores para Pequenas Embarcações	AZ	1	0,25			37		1,5 x 4,0					
584	Fundeadores para Grandes Embarcações	AZ	1	0,25			38		3,0 x 4,0					
600	Ponto Captação de Água e Toponímia	PR	15	0,18	1					4	1,0 x 1,0			
	Reserv., Eta, Cx. D'água e Toponímia	PR	15	0,18	1					4	1,0 x 1,0			
	Adução, Encanamento	PR	15	0,18	7		19		1,0 x 2,0					
601	Ete e Toponímia	PR	15	0,18	1					4	1,0 x 1,0			
	Coletores e Interceptores	PR	15	0,18	1									
602	At. Sanitário, Lixão e Toponímia	PR	15	0,18	1					1	1,0 x 1,5			
611	Árvore Isolada	VE	2	0,18			2		2,0 x 2,0					
612	Vegetação Natural Grande Porte e Toponímia	VE	2	0,18	16		16		1,0 x 1,0	1	1,0 x 1,5			
613	Vegetação Natural Baixo Porte e Toponímia	VE	2	0,18	16		16		1,0 x 1,0	1	1,0 x 1,5			
614	Cultura, Pastagem, Pomar e Toponímia	VE	2	0,18	16		16		1,0 x 1,0	1	1,0 x 1,5			
615	Reflorestamento, Eucalipto e Toponímia	VE	2	0,18	16		16		1,0 x 1,0	1	1,0 x 1,5			
620	Usina e Toponímia	PR	15	0,18	1					1	1,0 x 1,5			
621	Linhas de Transmissão	PR	15	0,18	19		40		2,0 x 1,0					
	Torres de Transmissão	PR	15	0,18			10		3,0 x 3,0					
622	Postes (Indica a Localização)	PR	15	0,18			13		1,5 x 2,0					
623	Torres de Telecomunicações	PR	15	0,18			39		3,0 x 3,0					
	Antenas	PR	15	0,18			22		2,0 x 2,0					
624	Subestação e Toponímia	PR	15	0,18	1					4	1,0 x 1,0			
630	Rodovia Federal Pavimentada / Não Pavimentada	PR	15	0,18	01		35		3,0 x 2,0					
631	Rodovia Estadual Pavimentada / Não Pavimentada	PR	15	0,18	01		35		3,0 x 2,0					
632	Rodovia Municipal Pavimentada / Não Pavimentada	PR	15	0,18	01		35		3,0 x 2,0					
633	Toponímia do Nível 630	PR	15	0,18			1		4,0 x 4,0	1	1,0 x 1,5			
634	Toponímia do Nível 631	PR	15	0,18			29		5,0 x 5,0	1	1,0 x 1,5			
635	Toponímia do Nível 632	PR	15	0,18						1	1,0 x 1,0			
636	Caminhos e Trilhas	PR	15	0,25	15									
637	Ferrovias e Toponímias	PR	15	0,18	18		31		0,5 x 2,0	1	1,0 x 1,5			
638	Aeroportos, Edificações e Toponímias	PR	15	0,18	1		5		4,0 x 4,0	1	1,0 x 1,5			
	Heliponto, Heliponto e Toponímia	PR	15	0,18	1					1	1,0 x 1,5			

NÍVEL	ENTIDADE	COR DE PLOTAGEM	COR ARQUIVO	ESP. PENA	CÓD. USO TRAÇO	FORMA TRAÇO	CÓD. USO SÍMBOLO	FORMA SÍMBOLO	TAMANHO SÍMBOLO	CÓD. USO TEXTO	TAMANHO TEXTO	CÓD. USO HACHURA	FORMA HACHURA	EXEMPLO
639	Porto, Ancoradouro, Ferry-Boat e Toponímia	PR	15	0,18	1	—				1	1,0 x 1,5			Conforme Resolução
640	Via Pavimentada com Meio-Fio	VO	4	0,18	1	—								X
	Via Pavimentada sem Meio-Fio	VO	4	0,18	6	$\frac{2_{os}}{2}$								X
	Via Não Pavimentada com Meio-Fio	VO	4	0,18	21	$\frac{6}{2}$								X
	Via Não Pavimentada sem Meio-Fio	VO	4	0,18	22	$\frac{7_{os}}{2}$								X
	Via em Construção	VO	4	0,18	15	$\frac{2}{1}$								X
641	Acostamento	VO	4	0,18	1	—								X
	Toponímia Nível 640 (eixo de via)	PR	15	0,18						4	1,0 x 1,5 1,0 x 1,0			X
	Toponímia Nível 640 (Interior das quadras)	PR	15	0,18						4	1,0 x 1,5 1,0 x 1,0			X
642	Eixo de Vias e Rodovias	PR	15	0,18	1	—								○
643	Canteiro Central, Trevo, Bifurcação e Rotatórias em Rodovias, Vias, Avenidas	VO	4	0,18	1	—								Segue Padrão da Via
700	Mov. de Terra, Aterro, Barranco, Erosão, Grotas, Rocha, Areia	PR	15	0,18	11	— → ↘ ↙								X
701	Toponímia Nível 700	PR	15	0,18						4	1,0 x 1,5 1,0 x 1,0			X
702	Pontes e Viadutos	PR	15	0,25	1	—	33	/	0,5 x 2,0 (Ang. 45°)					X
	Túneis e Trincheiras	PR	15	0,25	1	—								X
703	Escolas Públicas, Privadas e Creches	VO	4	0,25	1	—	41	↑	1,0 x 2,5					X
704	Toponímia do Nível 703	PR	15	0,18						4	1,0 x 1,5 1,0 x 1,0			X
705	Edificações Residenciais	VO	4	0,25	1	—								X
706	Toponímias: Conj. Residenciais, Condomínios e Loteamentos	PR	15	0,18						4	1,0 x 1,5 1,0 x 1,0			X
707	Edificação Comercial	VO	4	0,25	1	—								X
708	Toponímia do Nível 707	PR	15	0,18						4	1,0 x 1,5 1,0 x 1,0			X
709	Edificação Industrial	VO	4	0,25	1	—								X
	Chaminé	VO	4	0,25	1	—								X
710	Toponímia do Nível 709	PR	15	0,18						4	1,0 x 1,5 1,0 x 1,0			X
711	Edificação Pública (uso público)	VN	13	0,25	1	—						3	//// (45°)	X
712	Toponímia do Nível 711	PR	15	0,18						4	1,0 x 1,5 1,0 x 1,0			X
713	Saúde: Hospital, Posto de Saúde e Clínicas	VO	4	0,25	1	—	42	+	1,5 x 1,5					X
714	Toponímia do Nível 713	PR	15	0,18						4	1,0 x 1,5 1,0 x 1,0			X
715	Construções, Ruínas e Fundações	VO	4	0,25	12	$\frac{2}{os}$								X













NÍVEL	ENTIDADE	COR DE PLOTAGEM	COR ARQUIVO	ESP. PENA	CÓD. USO TRAÇO	FORMA TRAÇO	CÓD. USO SÍMBOLO	FORMA SÍMBOLO	TAMANHO SÍMBOLO	CÓD. USO TEXTO	TAMANHO TEXTO	CÓD. USO HACHURA	FORMA HACHURA	EXEMPLO
716	Toponímia do Nível 715	PR	15	0,18						1 4	1,0 x 1,5 1,0 x 1,0			
717	Igrejas (edificações)	VO	4	0,25	1		23	†	1,5 x 2,5					
718	Toponímia do Nível 717	PR	15	0,18						1 4	1,0 x 1,5 1,0 x 1,0			
719	Cemitérios (Com Limites)	PR	15	0,25	1									
720	Edificações de Cemitérios e Toponímia do Nível 719	VO	4	0,18	1		9 23	+	1,0 x 2,0 1,5 x 2,5	1 4	1,0 x 1,5 1,0 x 1,0			
721	Quadra Esporte	PR	15	0,18	1									
722	Toponímia do Nível 721	PR	15	0,18						1	1,0 x 1,5			
723	Piscinas e Toponímias	AZ	1	0,18	1					4	1,0 x 1,0			
724	Clubes, Associações ( Edificações ) e Toponímias	PR	15	0,18	1					1 4	1,0 x 1,5 1,0 x 1,0	3		
725	Limite de Clubes e Associações	PR	15	0,25	1									
726	Monumento e Chafariz	PR	15	0,25	1									
727	Toponímia do Nível 726	PR	15	0,18						4	1,0 x 1,0			
728	Limite de Praça, Parque	PR	15	0,18	1									
729	Toponímia do Nível 728	PR	15	0,18						1	1,0 x 1,5			
730	Minas Explor., Minas Inativas e Pedreiras	PR	15	0,18	11	— 3— 3—								
731	Toponímia do Nível 730	PR	15	0,18						1	1,0 x 1,5			
732	Toponímia de Sítios e Chácaras	PR	15	0,18	1					1	1,0 x 1,5			
733	Lotes Fechados	LL	5	0,18	1									
734	Marquise, Estações Tubo e Toponímias	PR	15	0,18	1					1	1,0 x 1,5			
735	Toponímia do Nível 702	PR	15	0,18						1	1,0 x 1,5			
736	Escadas e Toponímias	PR	15	0,18	1					4	1,0 x 1,0			
737	Rampas, Plataf., Arquib., Esteiras Industriais e Toponímias	PR	15	0,18	1					4	1,0 x 1,0			
738	Passarela / Calçada / Calçadas e Toponímia	PR	15	0,18	1					4	1,0 x 1,0			
739	Pinguela	PR	15	0,18	1		24	<	1,5 x 1,0					
740	Jardim, Canteiro e Toponímia (Com Limite)	PR	15	0,18	1					4	1,0 x 1,0			
741	Estádio de Futebol, Ginásio, Edificações e Toponímia	VO	4	0,18	1					1	1,0 x 1,5	3		
742	Limite de Estádio de Futebol, Ginásio	PR	15	0,25	1									
743	Linha de Preamar	Séplia	14	0,35	1					1	1,0 x 1,5			
744	Pista de Motocross, Ciclória, Autódromo e Cartódromo e Toponímia	PR	15	0,18	1					1	1,0 x 1,5			

NÍVEL	ENTIDADE	COR DE PLOTAGEM	COR ARQUIVO	ESP. PENA	CÓD. USO TRAÇO	FORMA TRAÇO	CÓD. USO SÍMBOLO	FORMA SÍMBOLO	TAMANHO SÍMBOLO	CÓD. USO TEXTO	TAMANHO TEXTO	CÓD. USO HACHURA	FORMA HACHURA	EXEMPLO
745	Terreiros, Madeiras, Tijolos, Ferros, Estufas, etc. e Toponímia	VN	13	0,18	1	—				4	1,0 x 1,0			<div>TERREIROS</div>
746	Pontos cotados no interior das curvas de nível fechadas	VO	4	0,18			3	O	1,0 x 1,0	1	1,0 x 1,5			$\phi 242,5$
747	Toponímias de Morros e Serras	PR	15	0,18						1	1,0 x 1,5			X
748	Limite de Restituição	PR	15	0,35	1	—								<div></div>
749	Ilha e Toponímia	PR	15	0,18	1	—				1	1,0 x 1,5			<div></div>
750	Praia, Balneário, Barra, Baía, Oceano e Toponímia	AZ	1	0,18	1	—				5	1,0 x 1,5 2,5 x 3,0			X
751	Patrimônio Histórico (Limite) e Toponímia	VO	4	0,18	2	$\frac{5}{3}$ —				4	1,0 x 1,0			$\frac{5}{3}$ —
<div></div>	Polígono Fechado													
<div></div>	Somente em Arquivo													
X	Plotado													
<div></div>	= Nível Escala 1:2.000													
















**ANEXO 3 – SIMBOLOGIA PROPOSTA CTCG**




Definição de Simbologia

CLASSE	FEIÇÃO	PRIMITIV A GRÁFICA	Preenchimento		Contorno				Exempl o	Fonte				Símbolo Pontual				Exempl	
			RGB	Exe mplo	Nome da Cor	Espessura	Estilo Linha	Cor		Fonte	Tamanho	Conteúdo do Texto	Exemplo Fonte	Tipo	Fonte	Código / Nome	Cor		Tamanho (mm)
EDIFICAÇÕES	Residenciais	A	255,190,190		Vermelho	0,18 mm	Contínuo		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Comerciais de pequeno porte	A	255,190,190		Vermelho	0,18 mm	Contínuo		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Bancos	A	255,190,190		Vermelho	0,18 mm	Contínuo		-	-	-	-	-	Caracter Marker Símbolo	Esri Business Basic Latin	76/Banco	255,0,0	6	
	Orfanatos	A	255,190,190		Vermelho	0,18 mm	Contínuo		0,0,0	Arial	6	Nome da Instituição	ORFANATO	-	-	-	-	-	
	Asilos e Casas de Repouso;	A	255,190,190		Vermelho	0,18 mm	Contínuo		0,0,0	Arial	6	Nome da Instituição	ASILO	-	-	-	-	-	
	Edificações Industriais, Galpões, Silos, Barracão Industrial e Armazéns	A	156,156,156		preto	0,18 mm	Contínuo		0,0,0	Arial	6	Nome da Industria	BOSCH	-	-	-	-	-	
EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS	Chaminés	P	-		-	-	-		0,0,0	Arial	6	CH	-	Caracter Marker Símbolo	Esri Geometric Symbols Latin1- Supplement e Basic Latin	185 + 34/ Chamine	0,0,0	4	
	Edificações Administração Pública	A	232,190,255		lilás	0,18 mm	Contínuo		0,0,0	Arial	6	Nome da Instituição Pública	PREFEITURA	-	-	-	-	-	
INSTITUIÇÕES DE ENSINO	Instituições de ensino	A	255,190,190		Vermelho	0,18 mm	Contínuo		0,0,0	Arial	6	Nome da Instituição	COLÉGIO ESTADUAL DO PARANÁ	Caracter Marker Símbolo	Esri Default Marker	110	0,0,0	4	
	Templos religiosos; Edificações do cemitério e capelas mortuárias.	A	255,190,190		Vermelho	0,18 mm	Contínuo		0,0,0	Arial	6	Nome do Local	IGREJA SÃO JOÃO	Caracter Marker Símbolo	Arial Subset : general Punctuation	8224	0,0,0	4	
HOSPITAIS, POSTOS DE SAÚDE, CLÍNICAS.	hospitais, clínicas e postos de	A	255,190,190		Vermelho	0,18 mm	Contínuo		0,0,0	Arial	6	Nome da Instituição	HOSPITAL PEQUENO PRÍNCIPE	Caracter Marker	Esri Default Marker	71	255,0,0	4	

	saúde																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
--	-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

EDIFICAÇÕES DE TRANSPORTES	Posto da polícia rodoviária	A	232,190,255	197,0,255	lilás	0,18 mm	Contínuo		0,0,0	Arial	6	PRE - Polícia Rodoviária Estadual; PRF - Polícia Rodoviária Federal	TERMINAL RODoviÁRIO DE FIMINAS	Caracterizador Simbólico	-	-	-	-	-	
	Estação ou terminal rodoviário ou urbano	A	232,190,255	197,0,255	lilás	0,18 mm	Contínuo		0,0,0	Arial	6	Nome próprio	Pe	-	-	-	-	-	6	
	Pedágio	A	232,190,255	197,0,255	lilás	0,18 mm	Contínuo		0,0,0	Arial	6	Pe	Pe	-	-	-	-	-	-	
	Edificações do aeroporto	A	232,190,255	197,0,255	lilás	0,18 mm	Contínuo		0,0,0	Arial	8	Nome próprio	AEROPORTO AFONSO PENA	?	?	?	?	?	?	
	Estação ferroviária	A	232,190,255	197,0,255	lilás	0,18 mm	Contínuo		0,0,0	Arial	6	Nome próprio	EST.ÇÃO FERROVIÁRIA DE ANTONINA	Caracterizador Simbólico	-	-	-	-	6	
	Edificação do porto	A	232,190,255	197,0,255	lilás	0,18 mm	Contínuo		0,0,0	Arial	8	Nome próprio	PORTO DE PARANAGUÁ	-	-	-	-	-	-	-
	Museu	A	255,190,190	255,0,0	Vermelho	0,18 mm	Contínuo		0,0,0	Arial	6	Nome próprio	MUSEU DE ARTE MODERNA	-	-	-	-	-	-	-
	Teatro	A	255,190,190	255,0,0	Vermelho	0,18 mm	Contínuo		0,0,0	Arial	6	Nome próprio	TEATRO DA CAIXA	-	-	-	-	-	-	-
	Cinema	A	255,190,190	255,0,0	Vermelho	0,18 mm	Contínuo		0,0,0	Arial	6	Nome próprio	CINELUZ	-	-	-	-	-	-	-
	Biblioteca	A	255,190,190	255,0,0	Vermelho	0,18 mm	Contínuo		0,0,0	Arial	6	Nome próprio	BIBLIOTECA PÚBLICA	-	-	-	-	-	-	-
EDIFICAÇÕES CULTURAIS	Centro Cultural	A	255,190,190	255,0,0	Vermelho	0,18 mm	Contínuo		0,0,0	Arial	6	Nome próprio	CENTRO CULTURAL PARANAENSE	-	-	-	-	-	-	-
	Galeria de Arte	A	255,190,190	255,0,0	Vermelho	0,18 mm	Contínuo		0,0,0	Arial	6	Nome próprio	GALERIA DE ARTE SÁCRA	-	-	-	-	-	-	-
	Edificações Tombadas	A	255,190,190	255,0,0	Vermelho	0,18 mm	Contínuo		0,0,0	Arial	6	Nome próprio	SOLAR DO BARRÃO	-	-	-	-	-	-	-

	Ruínas Históricas	A	255,190,190		255,0,0	Vermelho	0,18 mm	Contínuo		0,0,0	Arial	6	Nome próprio	RUÍNAS DE SÃO FRANCISCO	-	-	-	-	
ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS, HIDROLÓGICAS	Estações Meteorológicas e Hidrológicas	A	-		0,0,0	preto	0,18 mm	Contínuo		0,0,0	Arial	6	Estações Meteorológicas - EM Estações Hidrológicas - EH	-	-	-	-	-	
FAROL OU FAROLETE	Farol ou Farolete	P	-		-	-	-	-		?	?	?	?	?	?	?	?	?	

CLASSE	FEIÇÃO	PRIMITIVA GRÁFICA	Preenchimento		Contorno		Fonte				Símbolo pontual					
			RGB	Exemplo	RGB	Espessura (mm)	Exemplo	Cor	Fonte	Tamanho	Conteúdo do Texto	Exemplo Fonte	Cor	Tamanho (mm)	eEspessura (mm)	Exemplo
RODOVIAS	Caminho, trilhas e picadas	L	-	-	255,0,0	0,18		-	-	-	-	-	-	-	-	
	Rodovia em Construção	L	-	-	255,0,0	0,25		255,0,0	Arial / Maiúscula	8	RODOVIA EM CONSTRUÇÃO	-	-	-	-	
	Não Pavimentada	L	-	-	255,0,0	0,25		255,0,0	Arial / Maiúscula	-	-	-	-	-	-	
	Pavimentada	L	-	-	255,0,0	0,25		255,0,0	Arial / Maiúscula	-	-	-	-	-	-	
	Federal	P	-	-	-	-	-	255,0,0	Arial / Maiúscula	6	116	0,0,0	3,9 X 4,00	0,18	-	
OBRAS DE ARTE	Estadual	P	-	-	-	-	-	255,0,0	Arial / Maiúscula	6	40	0,0,0	R=2,00	0,18	-	
	Municipal	P	-	-	-	-	-	255,0,0	Arial / Maiúscula	8	RODOVIA DA UVA	-	-	-	-	
	Túneis	L / P	-	-	0,0,0	0,25		0,0,0	Arial / Maiúscula	6	TUNELA	0,0,0	1,4 x 2,00	0,25	-	
	Pontes	L / P	-	-	0,0,0	0,25		0,0,0	Arial / Maiúscula	6	PONTEA	0,0,0	1,4 X 2,00	0,25	-	
	Viadutos	L / P	-	-	0,0,0	0,25		0,0,0	Arial / Maiúscula	6	VIADUTO DOS PADRES	0,0,0	1,4 X 2,00	0,25	-	
	Passagem de nível	L / P														
	Pinguelas (comprimento <= a 4m)	L / P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0,0	3,4 x 1,4	0,25	-	
	Pinguelas (comprimento > que 4m) traçada no eixo	L / P	-	-	0,0,0	0,25		-	-	-	-	0,0,0	0,7 x1,4	0,25	-	
	Passarelas - traçada no eixo	L	-	-	230,230,0	1		-	-	-	-	-	-	-	-	-

